

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
(ФГБНУ «ВНИРО»)**

**МАТЕРИАЛЫ ОБЩЕГО ДОПУСТИМОГО УЛОВА В РАЙОНЕ
ДОБЫЧИ (ВЫЛОВА) ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
ВО ВНУТРЕННИХ МОРСКИХ ВОДАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ МОРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
НА КОНТИНЕНТАЛЬНОМ ШЕЛЬФЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
В ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЕ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КАСПИЙСКОМ МОРЕ
НА 2026 ГОД**

(с оценкой воздействия на окружающую среду)

Часть 2. Рыбы Дальневосточных морей

Том I

**Разработаны:
ФГБНУ «ВНИРО»**

Директор ФГБНУ «ВНИРО»

К.В. Колончин

2025 г.

**«УТВЕРЖДАЮ»
Федеральное агентство
по рыболовству**

Заместитель руководителя

В.И. Соколов

19.05.2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

МИНТАЙ (<i>Theragra chalcogramma</i>)	4
Зона Чукотское море	4
67.01 - Зона Чукотская	17
61.01 - Зона Западно-Берингоморская	17
61.02 - Зона Восточно-Камчатская	43
61.02.1 - Карагинская подзона	43
61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона	72
61.03 - Зона Северо-Курильская.....	72
61.04 - Зона Южно-Курильская.....	107
61.05 - Зона Охотское море	122
61.05.1. - Северо-Охотоморская подзона	122
61.05.2 - Западно-Камчатская подзона.....	122
61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона.....	122
61.06 - Зона Японское море.....	185
61.06.1 - подзона Приморье	185
61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона.....	199
ТРЕСКА (<i>Gadus macrocephalus</i>)	220
67.01 - Зона Чукотская	220
61.01 - Зона Западно-Берингоморская	220
61.02 - Зона Восточно-Камчатская	240
61.02.1 - Карагинская подзона	240
61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона	261
61.03 - Зона Северо-Курильская.....	283
61.04 - Зона Южно-Курильская.....	302
61.05 - Зона Охотское море	336
61.05.2 - Западно-Камчатская подзона.....	336
61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона.....	336
61.06 – Зона Японское море	365
61.06.1 - подзона Приморье	365
61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона.....	390

НАВАГА (<i>Eleginus gracilis</i>)	411
61.02 - Зона Восточно-Камчатская	411
61.02.1 - Карагинская подзона	411
61.04 - Зона Южно-Курильская.....	429
61.05 - Зона Охотское море	438
61.05.2 - Западно-Камчатская подзона.....	438
61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона.....	438
61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона.....	463
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	479

МИНТАЙ (*Theragra chalcogramma*)

Зона Чукотское море

Исполнитель: Е.Е. Овсянников («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов, определения ОДУ минтая в Чукотском море на 2026 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Данные по оценке ресурсов минтая в Чукотском море, полученные при проведении научно-исследовательских донных траловых съемок в августе-сентябре 2018-2020 и 2024 гг. В сравнительном плане использованы материалы научно-исследовательских траловых съемок 1997, 2003, 2007, 2008, 2010, 2014 гг.;

2. Данные о размерном составе промысловых уловов минтая в Чукотском море были собраны на в 2021-2022 на БМРТ «Юго-Восток» и «Юго-Восток-1» и в 2024 г. на БМРТ «Александр Беляков» и «Сивинд-1»;

3. Сведения о вылове по данным судовых суточных донесений (ССД) и оперативной отчетности предприятий (ООП) из отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ) за 2021-2024 гг. Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Минимальные требования к составу информации соответствуют III уровню информационного обеспечения (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка величины запасов минтая в Чукотском море выполнена по материалам научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2020 и 2024 гг. Траления осуществлялись 27.1/24.4-метровым донным тралом типа ДТ/ТВ. Разбор уловов и обработку первичной информации осуществляли по стандартным методикам, принятым в «ТИНРО». Обработку биостатистических данных выполняли в программе Microsoft Excel 2003. Построение карт пространственного распределения (экз./км² и кг/км²) осуществляли методами: сплайн-аппроксимации и полигонов (диаграмм) Вороного в GIS Surfer и ГИС «КартМастер» ver. 4.1 [Столяренко, Иванов, 1988; Бизиков и др., 2006]. Расчеты биомассы выполняли в ГИС «КартМастер» ver. 4.1 методом полигонов (диаграмм) Вороного [Препарата, Шеймос, 1989; Борисовец, Надточий, 2003].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. В арктических морях России, к которым относится и Чукотское море, целенаправленных и планомерных исследований морских

биоресурсов во второй половине XX-го и в начале текущего веков не проводилось. Тем не менее, ряд выполненных российскими и американскими научно-исследовательскими судами траловых съемок позволил в общем плане оценить ситуацию с ресурсами минтая в южной части Чукотского моря. По данным Volotira et al. [1977] в середине 1970-х гг. здесь в сколь либо значимом количестве минтая не отмечалось. В траловых уловах в небольшом числе фиксировались лишь сеголетки минтая, относительно происхождения которых, был сделан однозначный вывод о том, что они были вынесены в Чукотское море через Берингов пролив с мест воспроизводства в восточной части Берингова моря.

В начале текущего столетия в Чукотском море «ТИНРО» в отдельные годы выполнялись научно-исследовательские экспедиции (1997, 2003, 2007, 2008, 2010, 2014, 2018-2020 гг.), направленные, в том числе на оценку перспектив промыслового использования биоресурсов данного района, что позволяет дать краткую характеристику величины запасов основных промысловых видов и, в частности, минтая. Наличие пассивно переносимых мелкоразмерных рыб (сеголеток) может быть объяснимо генеральным направлением течений вод, выходящих из Берингова моря в Чукотское через Берингов пролив. Например, по результатам съемки НИС «ТИНРО» в сентябре–октябре 2003 г. в северной части Берингова пролива плотность распределения сеголетков минтая достигала 1-10 млн экз. на км². Причина появления крупноразмерного старшевозрастного минтая в южной части Чукотского моря остается пока неясной. По всей видимости, основной причиной такого перераспределения явилось не только изменение термики вод, но и изменение пространственного распределения и численности кормового планктона с соответствующим уменьшением его в восточной части и увеличением в северо-западных частях Берингова моря.

По данным донной съемки выполненной летом 2018 г. НИС «ТИНРО» на двух относительно небольших по площади полигонах (рис. 1), в отличие от результатов траловых съемок НИС «Профессор Кизеветтер», проведенных в пелагиали и придонных горизонтах Чукотского моря в летне-осенний период 2014 г., когда минтай встречался единично, встречаемость минтая составила 66,7% (для рыб длиной по АС менее 17 см) и 77,8% (для рыб длиной более 17 см).

Наибольшие уловы минтая длиной менее 17 см зафиксированы на южном полигоне исследований (на участке с придонной температурой 4,0-4,5°C), где максимальная расчетная плотность его распределения составила 96,59 тыс. экз./км². Минтай длиной более 17 см облавливался преимущественно в юго-западной части Чукотского моря, при этом максимальный улов составил 218 экз. (или 269 кг) в пересчете на часовое траление. Средняя расчетная плотность распределения на южном полигоне составила 1,4 тыс. экз./км² (в весовом выражении – 2,04 т/км²), на северном – 0,1 тыс. экз./км² (0,006 т/км²); на всей обследованной акватории – 0,68 тыс. экз./км², или 0,91 т/км².

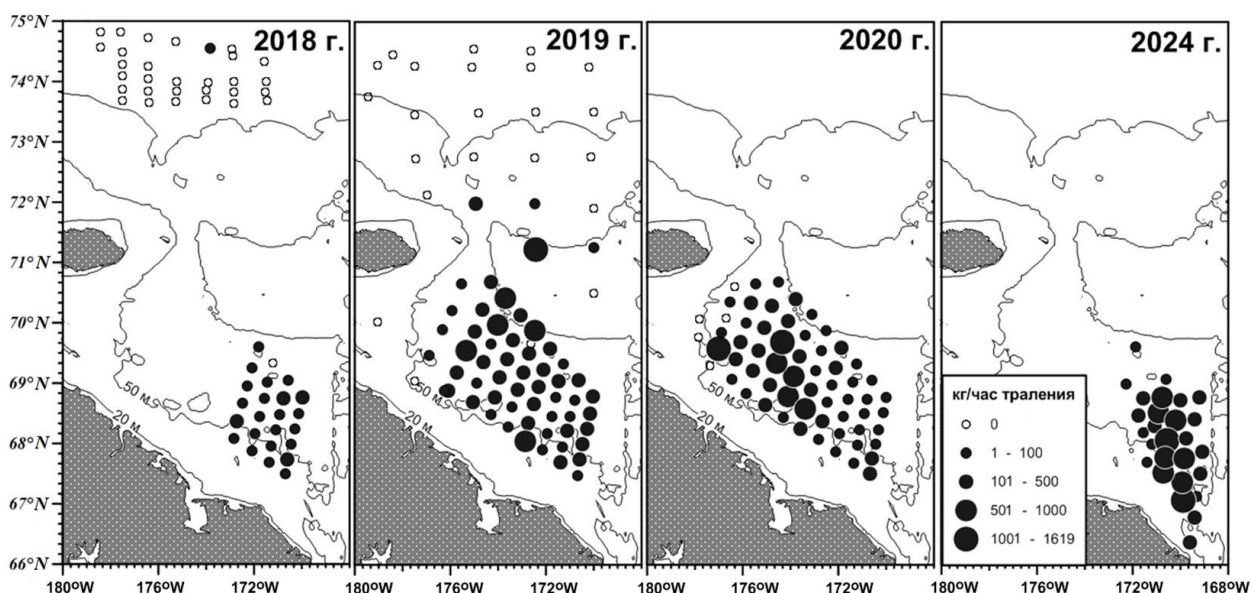


Рис. 1. Распределение минтая в Чукотском море по результатам научно-исследовательских донных съемок в летне-осенний период 2018-2024 гг., кг/час траления

На южном полигоне размерный ряд минтая был представлен двумя группами – 5-23 см (сеголетки, двух- и трехлетки) и 45-80 см. Среднеразмерный минтай в уловах отсутствовал полностью. На модальные классы 6-8 и 12-14 см приходилось по численности 47,9 и 22,7%, соответственно. Минтай длиной от 54 см и более составлял 13,3%.

На северном полигоне исследований размерный ряд в уловах был компактным и представлен исключительно минтаем длиной до 32 см. Модальные классы 9-12 см (0+ лет) и 16-19 см (1+ лет) составляли по численности 42,2 и 30,6% соответственно.

В целом, на обследованной акватории летом 2018 г. наблюдалось две модальных группы минтая: рыбы длиной 5-21 см (сеголетки, одно- и двухлетки) и рыбы длиной свыше 43 см (возрастом от 6-ти лет и старше), средняя длина рыб первой модальной группы составила 5,0 см, второй – 58,4 см (рис. 2).

Расчетная численность минтая на южном полигоне составила 125,28 млн экз., биомасса – 32,27 тыс. т ($K_y=0,1-0,4$); 96,1% по биомассе приходилось на рыб длиной более 50 см. На северном полигоне запасы минтая при указанных K_y составили 6,46 млн экз. или 0,18 тыс. т.

Общая оценка запасов минтая на полигонах Чукотского моря по материалам донной съемки 2018 г. составила 131,74 млн экз. или 32,45 тыс. т. Отметим, что в 2018 г. из-за ограничений в сроках съемки обследована не вся свободная ото льдов акватория Чукотского моря, поэтому полученная оценка ресурсов минтая может быть несколько занижена.

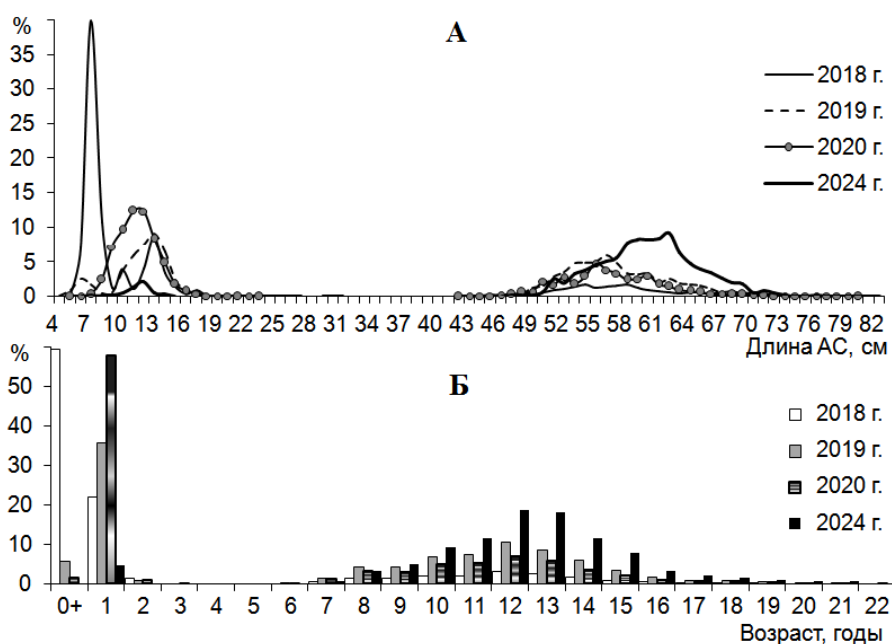


Рис. 2. Размерный (А) и возрастной (Б) составы минтая по результатам донных тралений в Чукотском море летом–осенью 2018-2020 и 2024 гг.

В то же время, при исследованиях 2014 г. минтай в траловых уловах в Чукотском море практически отсутствовал. В качестве рабочей гипотезы можно предположить, что потепление Берингова моря, наблюдающееся с 2015 г., оказало отопляющее воздействие и на водные массы южной части Чукотского моря, что определило, в том числе, вынос зоопланктона (основных объектов питания минтая) и, как следствие, расширение ареала минтая в северном направлении. Из-за нерегулярности исследований, данных по гидрологии Чукотского моря недостаточно для рассмотрения межгодовой динамики термического режима вод и, соответственно, динамики обилия минтая в данном районе. Отметим, что при сравнении полученных в 2003 г. материалов с данными донной траловой съемки, выполненной СРТМ «Шурша» в 1997 г., сделан вывод, что теплосодержание в южной части Чукотского моря в 2003 г. во всем слое (от поверхности до дна) было пониженным. Аномально высокие температуры водной толщи в рассматриваемом районе были в 2007 г., когда наблюдался усиленный заток берингоморских вод. В 2008 г. в восточной части Чукотского моря температура в придонных горизонтах не превышала 2-2,5°C. Несмотря на межгодовые различия термики вод, ни в один из указанных годов крупноразмерного старшевозрастного минтая в юго-западной части Чукотского моря в таком количестве, как в 2018 г. обнаружено не было; за прошедшие годы максимальные оценки запаса минтая длиной более 17 см получены в 2008 г. – 0,09 млн экз. или 0,07 тыс. т.

С другой стороны, в 2018 г. учеными США отмечена передислокация части запаса восточноберингоморской популяции минтая из восточного сектора Берингова моря в северную часть моря, в район между о-вом Св. Лаврентия и Беринговым проливом (т.н. бассейн Чириков), что

связывается с потеплением вод и усиленным таянием льда в летний период. Траловая съемка, проведенная в 2018 г. судами НОАА (США), показала снижение биомассы минтая (как придонной составляющей, так и пелагической) в юго-восточной части Берингова моря. Одновременно в северной части Берингова моря (в границах ИЭЗ США) наблюдалось увеличение биомассы данного вида до 1 млн т. Наиболее плотные скопления выявлены в бассейне Чирикова (рис. 3). Вероятнее всего, минтай, обнаруженный в ходе донной траловой съемки НИС «ТИНРО» в юго-западной части Чукотского моря в первой декаде сентября 2018 г., является частью (продолжением) этих скоплений.

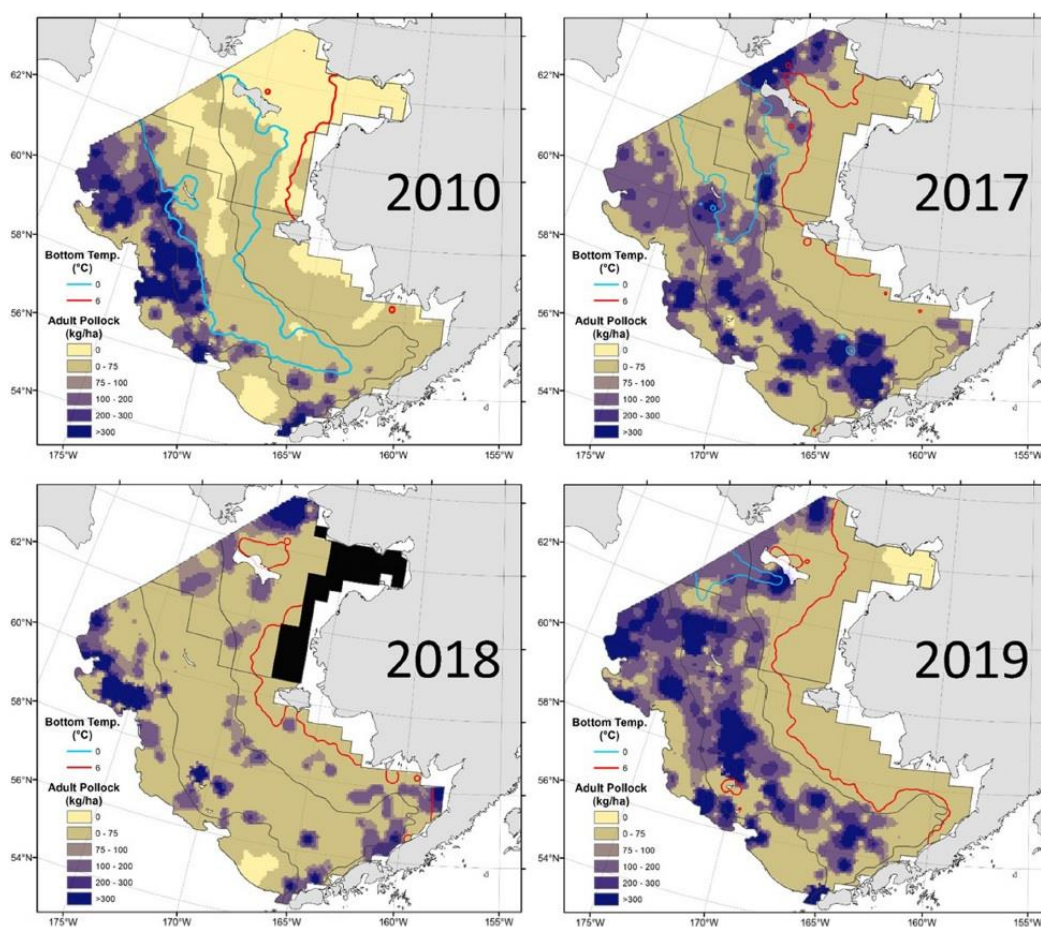


Рис. 3. Распределение минтая по данным донных траловых съемок, выполненных американскими траулерами в восточной части Берингова моря летом 2010 г. и 2017-2019 гг. [Eisner et al., 2020]

По данным донной съемки, выполненной в 2019 г. НИС «ТИНРО» на двух полигонах в Чукотском море (рис. 1), встречаемость взрослых особей минтая на южном полигоне достигала 94,6%, а сеголеток – 66,1%, на северном полигоне взрослый минтай наблюдался только в нескольких тралениях (встречаемость 25,0%), а сеголетки здесь встречались чаще – 54,1%. Распределение минтая на обследованной акватории в этот год исследований было неравномерно. Основные скопления взрослого минтая (длиной более 17 см) наблюдались в центральной части южного полигона

при донной температуре +2°C, максимальные уловы составляли 38,1 тыс. экз./км² (44 т/км²). Молодь минтая (длиной менее 17 см) в основном концентрировалась в северной части южного полигона. Её максимальные уловы здесь достигали 22,4 тыс. экз./км².

Размерный ряд минтая в Чукотском море в 2019 г. был представлен двумя группами – 5-30 и 45-80 см (рис. 2). По численности абсолютно доминировал (83% от численности) минтай длиной свыше 50 см, его средний размер составил 57,4 см, средняя масса – 1,373 кг. Средневозрастной минтай, составляющий ближнее пополнение (3-4 годовики), отсутствовал, что свидетельствует о том, что минтай, обнаруженный в Чукотском море, мигрировал сюда через Берингов пролив из северной части Берингова моря.

По оценкам специалистов ФГБНУ «ВНИРО» численность взрослого минтая в 2019 г. в Чукотском море оценена в 547,1 млн экз., а численность молоди – 389,7 млн экз. Полученные в 2019 г. оценки ресурсов минтая в Чукотском море значительно превышают оценки 2018 г. – по численности в 7 раз, а по биомассе – почти в 28 раз (табл. 1).

Таблица 1

Численность и биомасса минтая в Чукотском море по данным научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2020 гг.

	2018		2019**		2020		2024	
	Численность, млн экз.	Биомасса тыс. т	Численность, млн экз.	Биомасса тыс. т	Численность, млн экз.	Биомасса тыс. т	Численность, млн экз.	Биомасса тыс. т
Крупный К _y -0,4	23,1	31,6	547,1	890,0	276,7	364,7	194,9	283,3
Молодь К _y -0,1	108,6	0,85	389,7	6,8	417,9	5,0	9,7	0,1
Сумма	131,7	32,45	936,8	896,8	694,6	369,7	204,6	283,4
Обследованная площадь, тыс. км ²	35,7/15,7*		229,2/58,1*		59,7*		49,1*	
Число тралений	38		80		62		46	

Примечание: * - площадь южного полигона, ** - оценки численности и биомассы минтая по данным Орлова и др. [2019]

По данным ученых США летом 2019 г. существенные скопления восточноберингоморского минтая снова обнаружены перед Беринговым проливом, в бассейне Чирикова (рис. 3). В то же время, в восточной части Берингова моря, летом 2019 г. распределение минтая по данным донной траловой съемки Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований (AFSC), значительно отличалось от его распределения в 2017 и 2018 гг. В 2019 г. скопления минтая в придонном слое были относительно равномерно распределены от юго-восточной части Берингова моря до северо-западной, при этом его наибольшая численность отмечена в северо-западной части моря (рис. 3). В юго-восточной части моря минтай был распространен большей частью на среднем шельфе, в северо-западной в средней, нижней части шельфа и в верхней части континентального склона. В мелководной, прибрежной части шельфа, где летом 2019 г. отмечался сильный прогрев вод,

численность минтая была очень небольшой. Сопоставляя распределение минтая в восточной части Берингова моря в 2018 и 2019 гг., можно заключить, что в 2018 г. миграция минтая в сторону Берингова пролив шла в основном по восточной части моря по прибрежному мелководному шельфу, а в 2019 г. – по среднему и нижнему шельфу, в том числе через российские воды северо-западной части моря.

Исследования в Чукотском море в 2018-2019 гг. показали, что минтай промысловых размеров встречается только в южной части моря, а в северной части распределяется молодь длиной до 15-17 см. Исходя из исследований этих двух лет, выделен полигон для оценки промыслового запаса минтая в Чукотском море. В 2020 г. научно-исследовательская донная траловая съемка на НИС «ТИНРО» выполнена только на этом – южном полигоне.

В 2020 г. на южном полигоне наиболее плотные концентрации минтая наблюдались в центральной, восточной и западной частях, при температуре придонного слоя от +2,0 до +2,5°C (рис. 1). Некоторые существенные уловы сеголеток и годовиков минтая получены в водах с температурой близкой к 0°C. Размерный ряд минтая был представлен двумя группами – 6-22 см (сеголетки, одно и двухлетки) и 43-79 см (от 5 лет и старше). Средняя длина рыб первой модальной группы составила 10,9 см, второй – 56,0 см.

Как и в прошлые годы исследований в уловах полностью отсутствовал среднеразмерный, средневозрастной минтай (рис. 2). По результатам донной траловой съемки 2020 г. численность минтая на южном полигоне оценена в 694,6 млн экз., биомасса – 369,7 тыс. т (табл. 1), при этом 96% по биомассе приходилось на рыб длиной более 50 см.

В целом, как показывают наблюдения, в 2018-2020 гг. в южной части Чукотского моря отмечался рост средней плотности скоплений минтая (рис. 4). Распределение численности и биомассы на южном полигоне, было однотипно на протяжении этих трех лет. Массовую миграцию половозрелого минтая в летне-осенний период из Берингова в Чукотское море, по крайней мере, могут объяснить два основных фактора. Первый – это заток относительно теплых берингоморских (тихоокеанских) вод через Берингов пролив, за счет снижения влияния холодного лаврентьевского пятна, путем уменьшения его размеров в пространстве и некоторое смещение в сторону от Берингова пролива, второй – занос с этим потоком вод большого количества кормового зоопланктона, в частности эвфаузиид, которые являются основой питания всех размерно-возрастных групп минтая. Соответственно, существенное изменение условий нагула в лучшую для минтая сторону и приводит к его миграции в нагульный период в южную часть Чукотского моря. Продолжится ли эта миграция в летний период в ближайшие годы, можно выяснить, только проводя исследования в будущем. Также отметим, что при наших исследованиях в Чукотском море так и не были обнаружены возрастные группы минтая, составляющие пополнение, т.е. 3-5 годовики, что также говорит в пользу того, что в этом районе нет собственного запаса минтая.

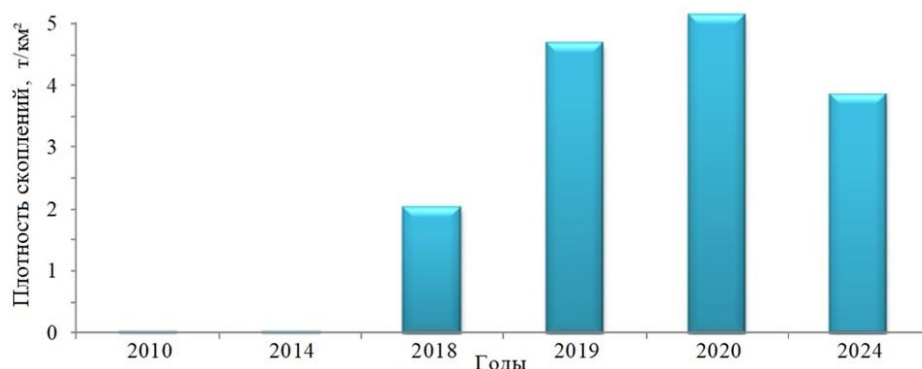


Рис. 4. Динамика средней плотности скоплений минтая в южной части Чукотского моря в 2010-2024 гг.

В 2021-2023 гг. научно-исследовательские траловые съемки в Чукотском море не выполнялись.

В 2024 г., в конце августа - начале сентября, при проведении донной траловой съемки, в отличие от 2018-2020 гг. существенная часть южного полигона была закрыта тяжелыми льдами и концентрации минтая наблюдались вдоль ледовой кромки до 70° с.ш., при температуре придонного слоя от +2,0 до +3,0°C (рис. 1). Размерный ряд минтая был представлен двумя группами – 7-17 см (сеголетки и однолетки) и 47-81 см (от 5 лет и старше). Средняя длина рыб первой модальной группы составила 11,5 см, второй – 60,0 см. В отличие от исследований 2018-2020 г., в 2024 г. доля первой модальной группы была крайне мала и составляла 4,7% от численности всех рыб. Как и раньше в уловах полностью отсутствовал среднеразмерный, средневозрастной минтай (рис. 2). По результатам донной траловой съемки 2024 г. численность минтая на южном полигоне оценена в 204,6 млн экз., биомасса – 283,4 тыс. т (табл. 1), при этом 82% по биомассе приходилось на рыб длиной от 53 до 66 см.

При подготовке прогноза ОДУ минтая на 2025 г. для этого района исходили из того, что достаточно точно предсказать объемы миграции этого вида в Чукотское море в настоящее время невозможно. Тем не менее, результаты научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2020 гг. позволили оконтурить промысловые скопления минтая, которые были обнаружены только на южном полигоне, и экспертно оценить их биомассу. Согласно наших, оценок в 2018 г. из-за небольшой обследованной площади на юге Чукотского моря биомасса минтая была недоучтена. По нашим оценкам, в летне-осенний период 2019 г. исходя из средней плотности скоплений, приведенной на рисунке 4 и обследованной площади южного полигона биомасса производителей не должна была превышать 278,8 тыс. т. Учитывая, что в 2018 г. половозрелый минтай в Чукотском море был недоучтен, его биомасса была пересчитана исходя из стандартной площади южного полигона (58,1 тыс. км²) и составила 120,2 тыс. т. Для 2020 и 2024 гг. были приняты оценки биомассы по результатам донных съемок, т.к. при этих исследованиях удалось почти полностью оконтурить скопления половозрелого минтая.

Таким образом, в летне-осенний период в Чукотском море на южном полигоне промысловая биомасса минтая могла составлять: в 2018 г. – 120,2 тыс. т, в 2019 г. – 278,8 тыс. т, в 2020 г. – 364,7 тыс. т, в 2024 г. – 283,4 тыс. т, что в среднем составляет 262 тыс. т.

Состояние промысла. В 2021 г. в Чукотском море впервые организован специализированный промысел минтая, его годовой вылов составил 4,134 тыс. т, освоение ОДУ – 11,1% (табл. 2). Промысел минтая в этом районе в 2021 г. проходил в период с 20 августа по 15 октября (57 суток), изобаты 39-54 м (рис. 5). На промысел выставлено два крупнотоннажных судна (КТФ) и одно среднетоннажное (СТФ), лов минтая осуществлялся разноглубинными травами. У судов КТФ суточные уловы колебались в пределах от 2 до 137 т, составляя в среднем за сутки 57,5 т. У среднетоннажного судна суточный вылов изменялся в пределах от 3 до 74 т, составляя в среднем за сутки 36,0 т.

Таблица 2

ОДУ, вылов и освоение минтая в Чукотском море в 2020-2024 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2020	68,0	-	-
2021	37,2	4,134	11,1
2022	37,2	18,586	50,0
2023	31,9	19,669	61,7
2024	30,6	16,319	53,3

Как показали наблюдения за динамикой промысла минтая в Чукотском море наиболее результативным для промысла минтая был период с 28 сентября по 09 октября, когда суммарный суточный вылов у всех судов находился на уровне выше 100 т, составляя в среднем за сутки на одно судно КТФ 84 т, а на СТФ – 53 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 2 тыс. т, что составляет 45% от всего вылова за период промысла.

В 2022 г. в специализированный промысел минтая проходил в период с 19 августа по 01 ноября (75 суток), изобаты 30-52 м (рис. 5). Годовой вылов составил 18,586 тыс. т, освоение ОДУ – 50,0%. На промысел выставлено два крупнотоннажных судна и четыре среднетоннажных, лов минтая осуществлялся разноглубинными травами. У судов КТФ суточные уловы колебались в пределах от 3 до 136 т, составляя в среднем за сутки 62,0 т. У среднетоннажного судна суточный вылов изменялся в пределах от 3 до 172 т, составляя в среднем за сутки 70,7 т. Наиболее результативным для промысла минтая был период с 24 августа по 17 сентября, суммарный суточный вылов у всех судов находился на уровне свыше 300 т, составляя в среднем за сутки на одно судно КТФ 75 т, а на СТФ – 73 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 9,7 тыс. т, что составляет 52% от всего вылова за период промысла.

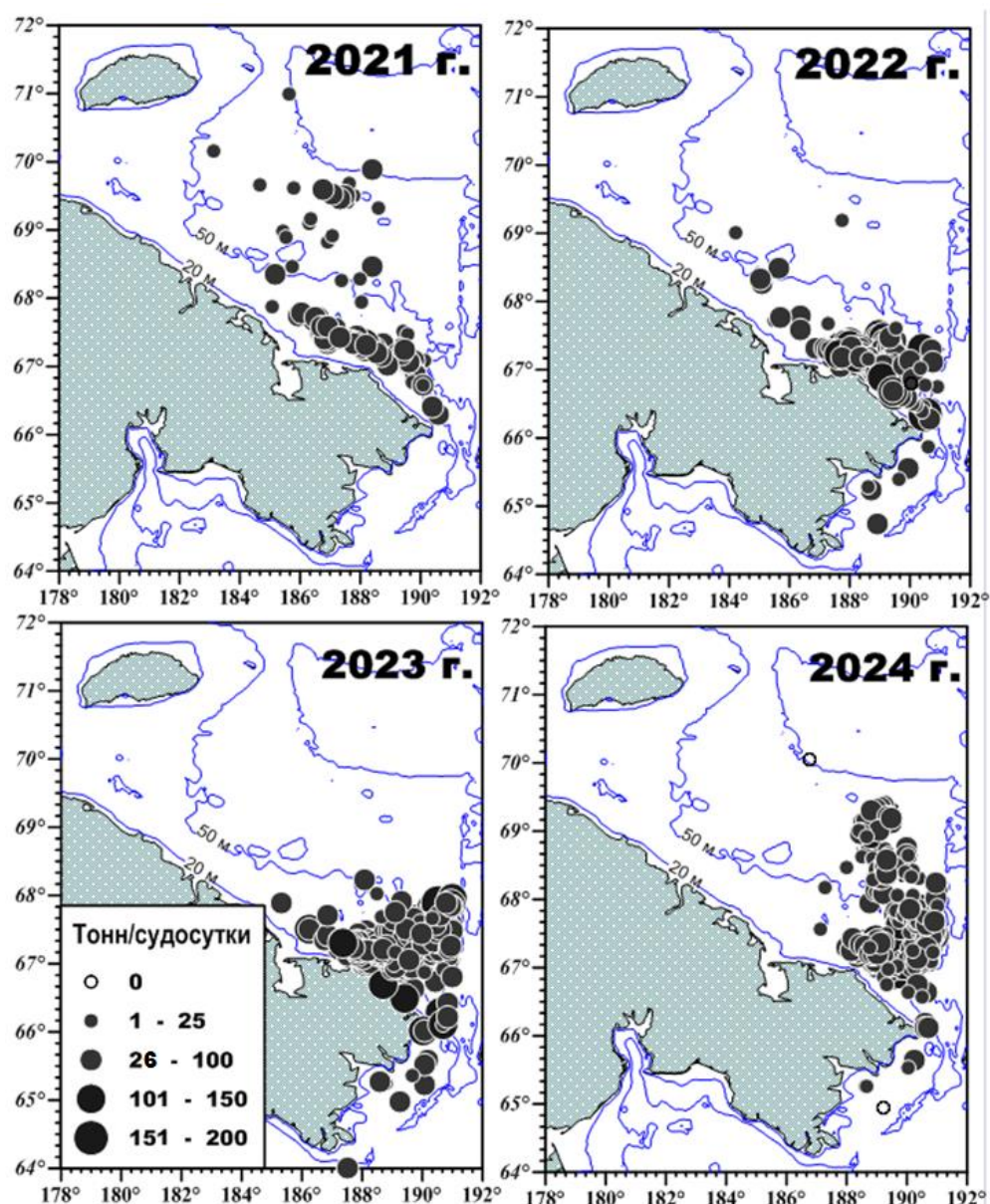


Рис. 5. Дислокация и уловы судов на промысле минтая в Чукотском море в июле-ноябре 2021-2024 гг.

В 2023 г. в специализированный промысел минтая проходил в период с 22 июля по 02 ноября (97 суток), изобаты 31-57 м (рис. 5). Годовой вылов составил 19,669 тыс. т, освоение ОДУ – 61,7%. На промысел выставлено три крупнотоннажных судна и пять среднетоннажных. Суда КТФ и два судна СТФ ловили минтай разноглубинными тралами, со средним суточным выловом соответственно 51,7 и 65,3 т. Два судна СТФ добывали минтай снюрреводами со средним суточным выловом 68,4 т. Наиболее результативный промысел минтая в 2023 г. приходился практически на тот же период, что и годом ранее (с 25 августа по 16 сентября), суммарный суточный вылов у всех судов находился на уровне свыше 300 т, составляя в среднем за сутки на одно судно КТФ 64 т, а на СТФ – 70 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 8,3 тыс. т, что составляет 42% от всего вылова за период промысла. Еще один период с суммарным суточным

выловом свыше 300 т наблюдался с 01 по 07 октября, уловы у КТФ в среднем составляли 67 т за сутки, а у СТФ – 83 т. Вылов минтая за этот период составил 2,4 тыс. т.

В 2024 г. в специализированный промысел минтая проходил в период с 07 августа по 31 октября (85 суток), изобаты 37-54 м (рис. 5). Годовой вылов составил 16,319 тыс. т, освоение ОДУ – 53,3%. На промысел было выставлено четыре крупнотоннажных судна и два среднетоннажных. Суда КТФ и СТФ ловили минтай только разноглубинными тралами, со средним суточным выловом соответственно 47,2 и 49,8 т. Наиболее результативный промысла минтая в 2024 г. приходился на период с 09 августа по 17 сентября, т.е. начался на две недели раньше, чем в предыдущие два года. Суммарный вылов суточный вылов у всех судов в этот период 2024 г. в основном находился на уровне свыше 300 т, периодически в отдельные дни понижаясь до уровня 138-264 т. Средний вылов за сутки на одно судно составлял у КТФ 72,6 т, у СТФ – 69,7 т. Вылов минтая за указанный период составил почти 12,2 тыс. т, что составляет 75% от всего вылова за период промысла, что заметно больше, чем в 2023 г. – 42% и 2022 г. – 52%.

Как показывают наблюдения за промыслом минтая в Чукотском море, с 2021 г. по 2022 г. его годовой вылов увеличился в 4,5 раза, в 2023 г. он остался практически на том же уровне, что и в 2022 г., а в 2024 г. снизился в 1,2 раза в сравнение с двумя предыдущими годами (табл. 2). Средний суточный вылов всеми судами, добывающими минтай, сначала увеличился с 72,5 т в 2021 г. до 247,8 т в 2022 г., а затем в 2023 г. снизился до 185,6 т, а в 2024 г. опять возрос до 192,0 т. Изначально рост вылова был связан с увеличением периода промысла почти на треть, с выставлением на промысел большего количества судов СТФ и с увеличением суточного вылова минтая на одно судно. В 2023 г., в сравнение с предыдущим годом количество судов на промысле увеличилось на одно судно КТФ и на одно судно СТФ, при этом суточные уловы на одно судно снизились, а годовой вылов остался на прежнем уровне только за счет увеличения продолжительности периода промысла в 1,3 раза. В 2024 г. количество судов КТФ увеличилось на одно, а СТФ уменьшилось на три, снижение вылова произошло за счет уменьшения продолжительности промысла в 2024 г., в сравнение с предыдущим годом на 12 суток, что связано с тяжелыми ледовыми условиями, в результате чего изобаты в предыдущие годы доступные для промысла минтая были закрыты тяжелыми непроходимыми льдами (рис. 5).

В целом, результаты научно-исследовательских съемок и мониторинга промысла показывают, что уровень и масштаб миграции минтая в Чукотском море в 2024 г. остались на прежнем уровне, при этом результативность промысла стала зависеть от доступности промысловых скоплений из-за тяжелой ледовой обстановки.

Характерной особенностью промысловых уловов минтая в Чукотском море является наличие в них крупного минтая старших возрастов (рис. 6).

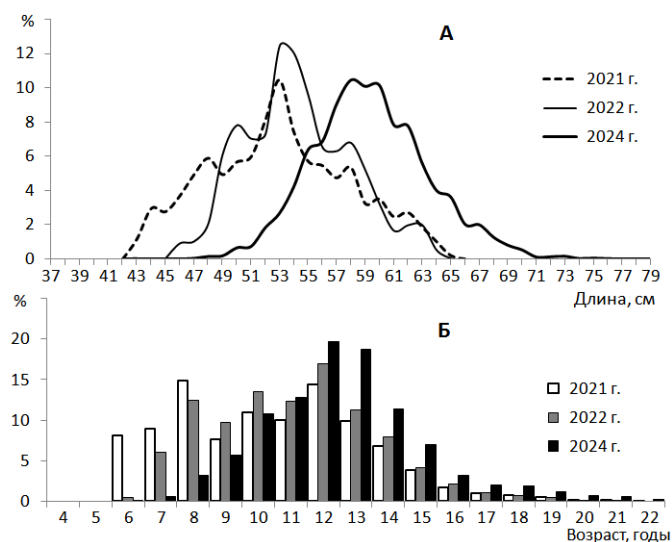


Рис. 6. Размерный (А) и возрастной (Б) составы промысловых уловов минтая в Чукотском море летом–осенью 2021-2024 гг.

Анализ размерно-возрастной структуры минтая Чукотского моря показал, что в современный период в южной части моря сформировался квазистационарный запас минтая, состоящий из старшевозрастных рыб берингоморского происхождения [Буслов, Овсянников, 2022]. Примерно 2/3 численности, судя по темпу роста, составляют «оседлые» особи, не мигрирующие обратно. При этом в течение нагульного периода происходит подпитка запаса рыбами из Берингова моря. На данном этапе исследований сложно сказать, какая часть «рекрутов» возвращается в Берингово море, а какая остается, и покрывает ли иммиграция общую убыль минтая в Чукотском море. Однако даже если массовые заходы минтая через Берингов пролив прекратятся, то запас не исчезнет в течение одного сезона и промысел еще будет возможен на протяжении еще нескольких лет с уменьшающейся эффективностью по мере естественной и промысловой убыли запаса.

Как показывают наблюдения за океанологическими условиями в Чукотском море [Кровнин и др., 2022], в последние несколько лет наблюдалась тенденция к увеличению потока относительно теплых вод из Берингова моря в Чукотское, также увеличивался поток солнечной радиации на границе море-атмосфера, связанный с изменениями ледовых условий Чукотского моря, что приводило к устойчивому росту температуры поверхностного слоя моря и всего водяного столба. Вероятно, эти изменения океанологического режима и привели к активной нагульной миграции половозрелого минтая в этот район из Берингова моря, чего ранее не наблюдалось. В тоже время в 2024 г., в сравнение с предыдущими тремя годами район промысла минтая был закрыт льдами, что косвенно свидетельствует о начале похолодания. В перспективе, ожидается постепенное похолодание водных масс северных морей Тихого океана, что может привести к сокращению миграции половозрелого минтая в южную часть Чукотского моря или вообще её полному прекращению. В такой ситуации в этом районе скопления будет образовывать только крупный

половозрелый минтай, мигрировавший в этот район ранее и вероятно уже через 2-4 года из-за естественной смертности, плотность скоплений минтая в Чукотском море заметно снизится и вести его эффективный промысел здесь будет невозможно.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Промысел минтая в Чукотском море осуществлялся четыре года, поэтому материалы по определению биологических ориентиров и обоснованию правила регулирования промысла на основе принципа «предосторожного подхода» находятся в разработке.

Прогнозирование состояния запаса. Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Ожидается, что в случае продолжения затoka относительно теплых берингоморских вод через Берингов пролив в Чукотское море в ближайшие два года, миграция крупного минтая в южную мелководную часть моря продолжится, и его промысловая биомасса в этом районе еще будет продолжаться находиться на среднем уровне за период исследований 2018-2024 гг., которая оценивается около 262 тыс. т.

В качестве рекомендованной величины промысловой смертности предлагается использовать величину, равную половине оценки промысловой смертности, соответствующей предосторожному подходу, оцененной для запаса минтая Наваринского района, как наиболее географически близкого: $0,24/2=0,12$. Столь щадящий выбор сделан по причине крайне низкой исследованности запаса минтая Чукотского моря и невозможности в настоящее время достаточно точно, предсказывать объемы его миграции в этот район. Следовательно, расчетная величина ОДУ минтая может составить 31,4 тыс. т, однако, учитывая уменьшение биомассы рыб и снижение эффективности промысла в 2024 г., ОДУ рекомендуется оставить на уровне 2025 г.

Таким образом, **ОДУ минтая в зоне Чукотское море в 2026 г. может составить 30,600 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

В Чукотском море промысловые скопления минтая впервые были обнаружены пять лет назад, а его специализированный промысел организован три года назад. Поэтому, из-за короткого ряда наблюдений выполнить полноценный анализ и диагностику полученных результатов в настоящее время пока невозможно.

В 2021 г. вылов минтая в рассматриваемом районе составил 4,1 тыс. т, в 2022 г. – 18,6 тыс. т, в 2022 г. – 19,7 тыс. т, в 2024 г. – 16,3 тыс. т, что соответствует, при средней величине промыслового запаса на уровне 262 тыс. т, изъятию в: 1,6%; 7,1%, 7,5% и 6,2%, соответственно. Исходя из крайне низкого промыслового использования минтая в Чукотском море,

можно заключить, что промысел не оказывает влияния на этот запас, и его величина будет изменяться только по естественным причинам.

67.01 - Зона Чукотская

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская

Исполнители: Е.Е. Овсянников, В.В. Кулик, Е.В. Грицай, М.А. Степаненко («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов и определения ОДУ минтая в северо-западной части Берингова моря на 2026 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Оценки состояния ресурсов минтая, полученные по результатам комплексных научно-исследовательских съемок, выполненных «ТИНРО» в течение последних лет в северо-западной части Берингова моря: в 2015 г. – на НИС «ТИНРО» и «Профессор Леванидов»; в 2017 г. – на НИС «Бухоро»; в 2018-2019 гг. – на НИС «Профессор Леванидов»; в 2020 г. – на НИС «Дмитрий Песков», «ТИНРО», «Профессор Кагановский»; в 2021 г. – на НИС «Профессор Кагановский»; в 2024 г. – на НИС «ТИНРО», «Дмитрий Песков»; Аляскинским центром рыбохозяйственных исследований США (AFSC, NOAA) – в восточной части Берингова моря в 2018 г., в 2022 и 2024 гг. на НИС «Оскар Дайсон», в 2017–2024 гг. – на НИС «Аляска Найт» и «Вестерлааен».

Научно-исследовательские съемки «ТИНРО» в северо-западной части Берингова моря и Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований (AFSC) в восточной части моря позволяют охватить исследованиями практически все районы обитания минтая в Беринговом море, включая места нереста, распространения молоди и нагула половозрелых особей. В ходе этих исследований собираются данные о состоянии ресурсов, величине общего и промыслового ресурсов, воспроизводстве, численности пополнения, оценивается численность отдельных поколений и динамика общей численности минтая. Кроме того, собирается информация об экологической ситуации в районе обитания минтая, состоянии и тенденциях развития пелагических и донных сообществ, состоянии планктонных сообществ, кормовой базы минтая.

2. Данные, собранные научными наблюдателями на промысловых судах, осуществляющих специализированный промысел минтая в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах в летне-осенний период 1995–2024 гг.

3. Сведения о вылове и распределении флота в течение путины 2024 г. по данным наблюдателей и судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ). Для доступа к

ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

4. Данные по уловам на единицу промыслового усилия (CPUE) крупнотоннажного флота (т/судосутки) по годам промысла за 1980–2024 гг.

5. Архивные материалы за период 1970–2023 гг., отечественные и зарубежные литературные сведения.

Минимальные требования к составу информации соответствуют I уровню информационного обеспечения (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Первый уровень информационного обеспечения позволяет использовать модели биологических процессов, структурированные по возрасту, а приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 обязывает подведомственные институты это производить.

Оценка состояния запаса минтая выполнена с использованием модели TISVPA в той же версии, что была применена в работах [Булатов, Васильев, 2022, 2023]. Модель TISVPA, как и используемая в иных случаях для оценки состояния данного запаса модель «Synthesis», является сепарабельной моделью с возрастной структурой с возможностью привлечения дополнительной информации. Модель основана на использовании принципов робастной статистики, что обеспечивает повышенную надежность результатов в условиях значительно зашумленных данных и информационного дефицита. Кроме того, модель TISVPA отличается более точным описанием особенностей взаимодействия запаса с промыслом за счет расширенной параметризации мгновенных коэффициентов промысловой смертности [Vasilyev, 2005, 2006].

В качестве входных данных для расчетов использовались данные по возрастному составу уловов за 1995-2024 гг. Кроме того использованы данные по средней массе, долям половозрелых рыб по возрастным группам и оценки мгновенных коэффициентов естественной смертности по возрастным группам. Также в расчетах использованы данные по уловам на единицу промыслового усилия (CPUE) крупнотоннажного флота (т/судосутки) по годам промысла за 1995-2024 гг. Данные по CPUE использовались в расчетах в виде индексов численности с возрастной структурой, рассчитанных на основании данных по уловам на судосутки лова с использованием данных по возрастному составу уловов. Кроме того, использованы данные по оценкам биомассы запаса по донным и пелагическим съемкам.

Как и ранее, применен вариант модели TISVPA, в котором допускается наличие ошибок как в данных по возрастному составу уловов, так и в сепарабельном описании промысловой смертности. Дополнительно обеспечивается несмещенность сепарабельного описания моделью коэффициентов промысловой смертности.

В качестве меры близости модельного описания имеющихся данных, минимизацией которой оцениваются параметры модели, для данных по

возрастному составу уловов взята медиана распределения квадратов логарифмических остатков, а для индексов - простая сумма квадратных логарифмических остатков,

Диапазон возрастных групп, использованных в расчетах, составил от 1 до 10+, где под 10+ подразумеваются особи в возрасте 10 лет и старше. В выполненных расчетах дополнительные факторы, корректирующие оценки относительной селективности промысла, оценивались и применялись для возрастных групп 2-6, поскольку такой выбор диапазона обеспечил наибольшую устойчивость оценок.

Возрастные коэффициенты относительной селективности промысла рассчитались для двух периодов: до 2001 г. включительно (S1(a)), и после него (S2(a)), когда в соответствии с п. 17.3 «Правил рыболовства...» был введен запрет на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки. В соответствии с этим и данные по уловам на усилие в расчетах были разделены на 2 массива.

Анализ компонент целевой функции модели показывает наличие сигналов о биомассе запаса в терминальный год, сходных по локализации минимумов, как от данных по возрастному составу уловов, так и от CPUE как индекса численности запаса (рис. 7).

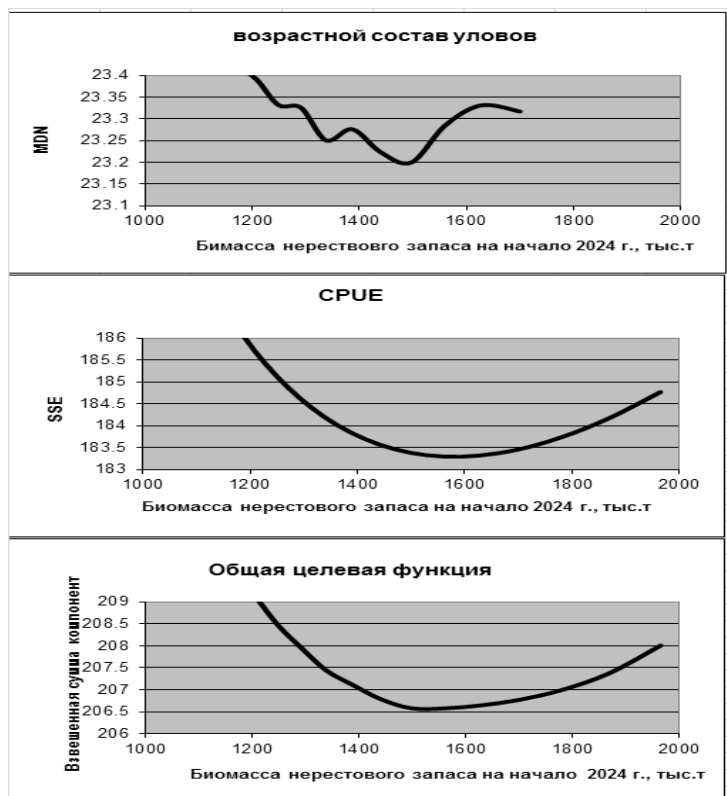


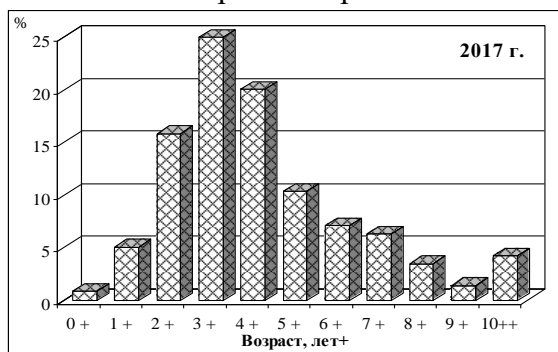
Рис. 7. Профили компонент целевой функции модели

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

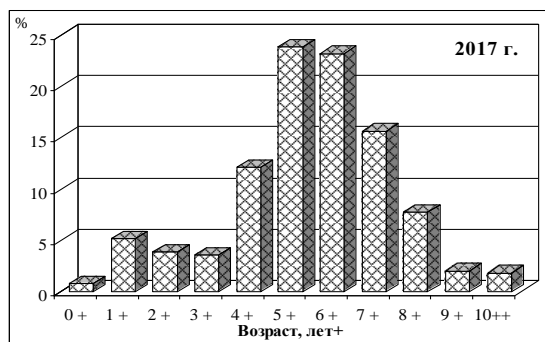
Состояние запаса. Результаты тралово-акустических и донных траловых съемок свидетельствуют о значительной межгодовой изменчивости

численности и биомассы, динамики возрастного состава минтая в Беринговом море (рис. 8, 9).

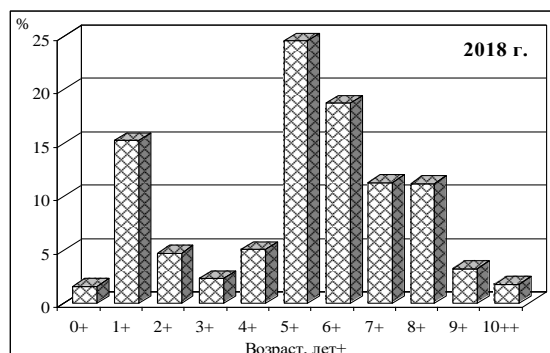
Наваринский район



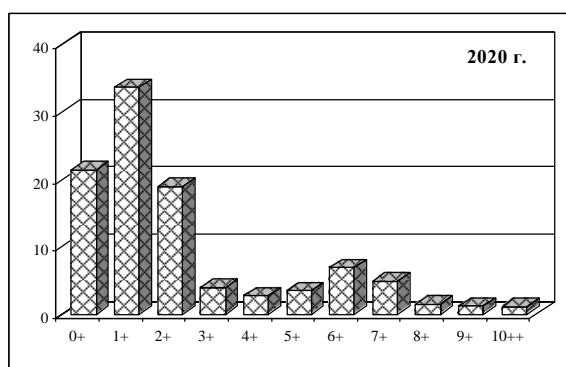
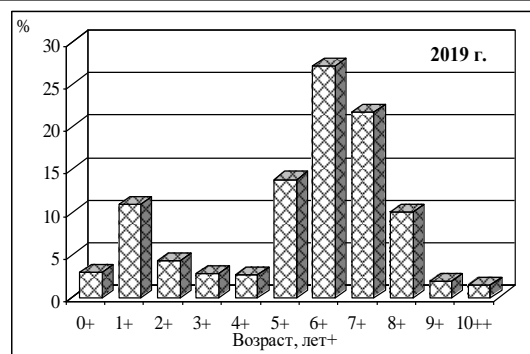
Зона США



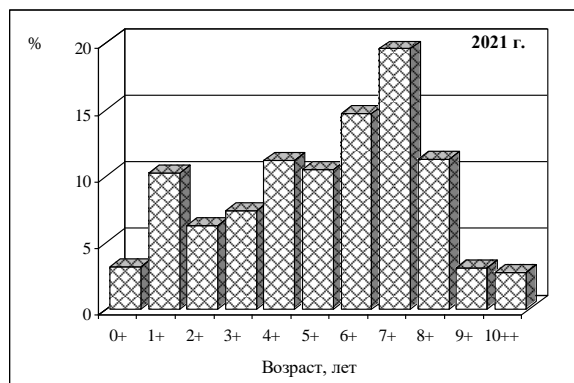
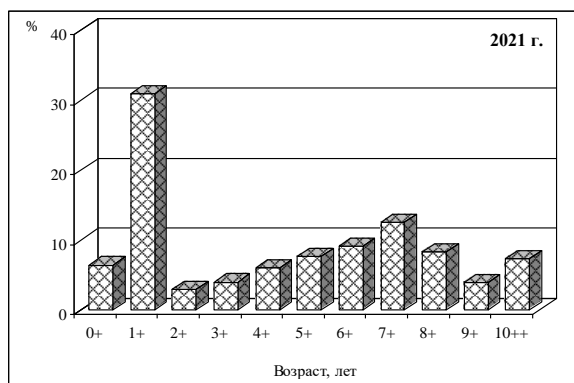
2018 г. – стандартных съемок не было



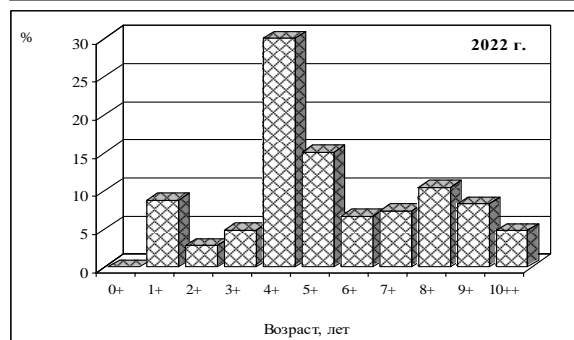
2019 г. – стандартных съемок не было



2020 г. – съемок не было



2022 г. – съёмки не было



2023 г. – съёмки не было

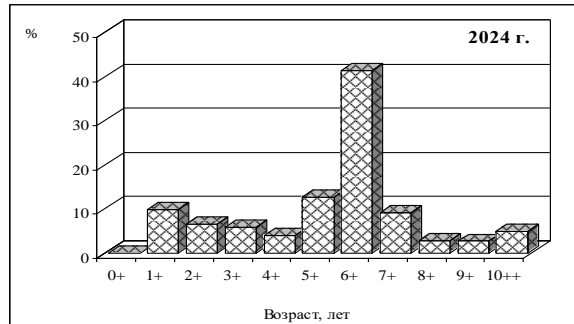
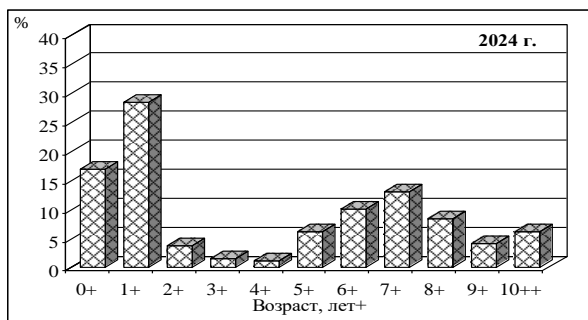
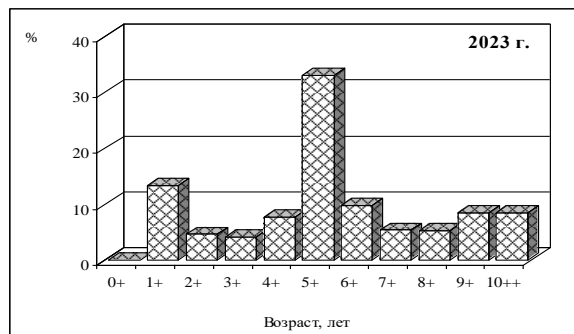
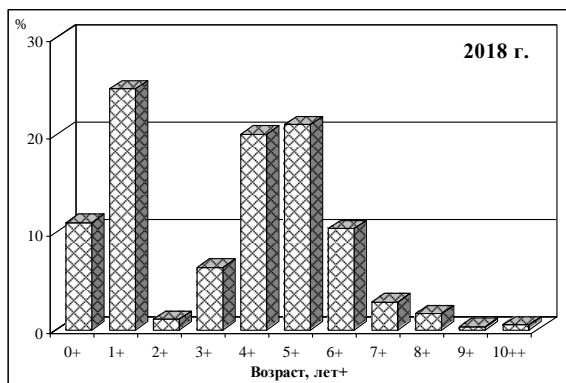
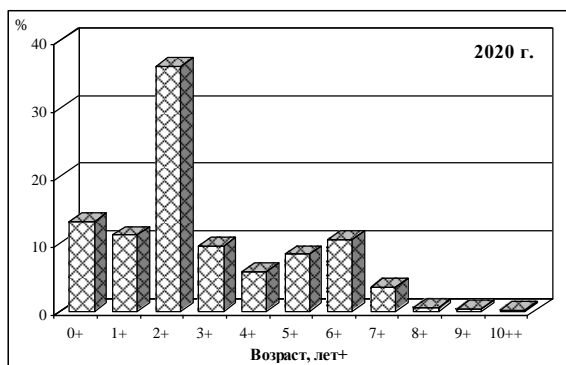


Рис. 8. Возрастной состав минтая в придонном слое в северо-западной (Наваринский район) и восточной (зона США) части Берингова моря в 2017–2024 гг. (по результатам донных траловых съёмок)

Наваринский район
2017 г. – съёмок не было



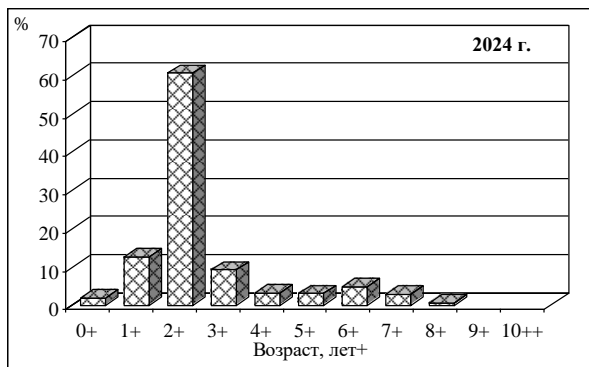
2019 г. – съёмок не было



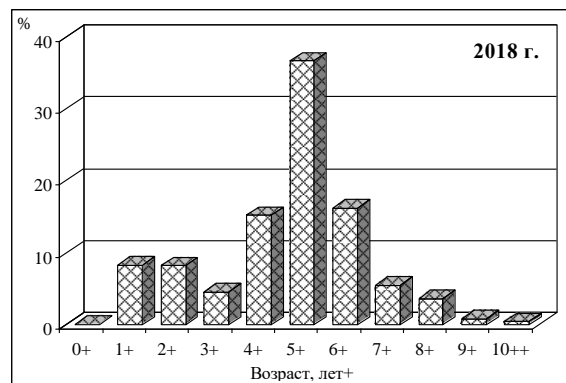
2021 г. – съёмок не было

2022 г. – съёмок не было

2023 г. – съёмок не было



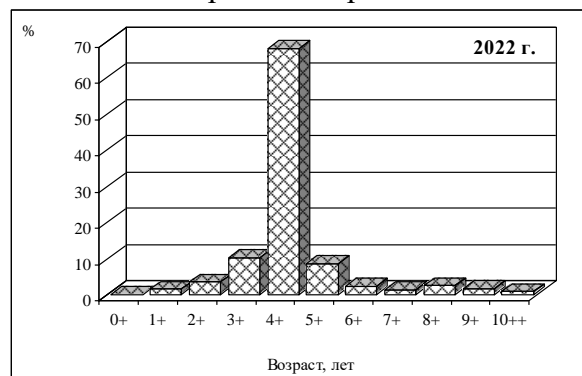
Зона США
2017 г. – съёмок не было



2019 г. – съёмок не было

2020 г. – съёмок не было

2021 г. – съёмка проведена без
контрольных тралений



2023 г. – съёмок не было

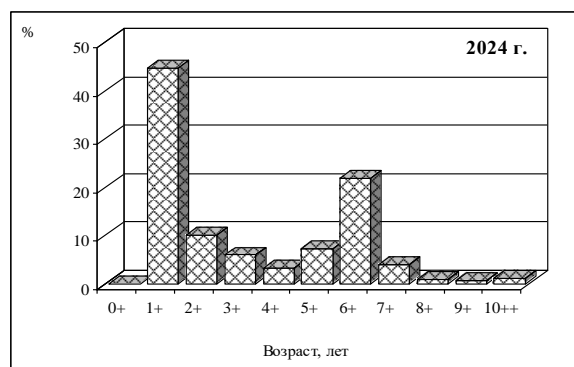


Рис. 9. Возрастной состав минтая в пелагиали северо-западной (Наваринский район) и восточной (зона США) части Берингова моря в 2017–2024 гг. (по результатам тралово-акустических съёмок)

Численность и биомасса минтая в придонном слое в восточной части Берингова моря увеличивались вплоть до 2014 г., после чего ресурсы стали снижаться (рис. 10). В 2017 г. темп уменьшения численности и биомассы минтая в придонном слое восточной части Берингова моря замедлился.

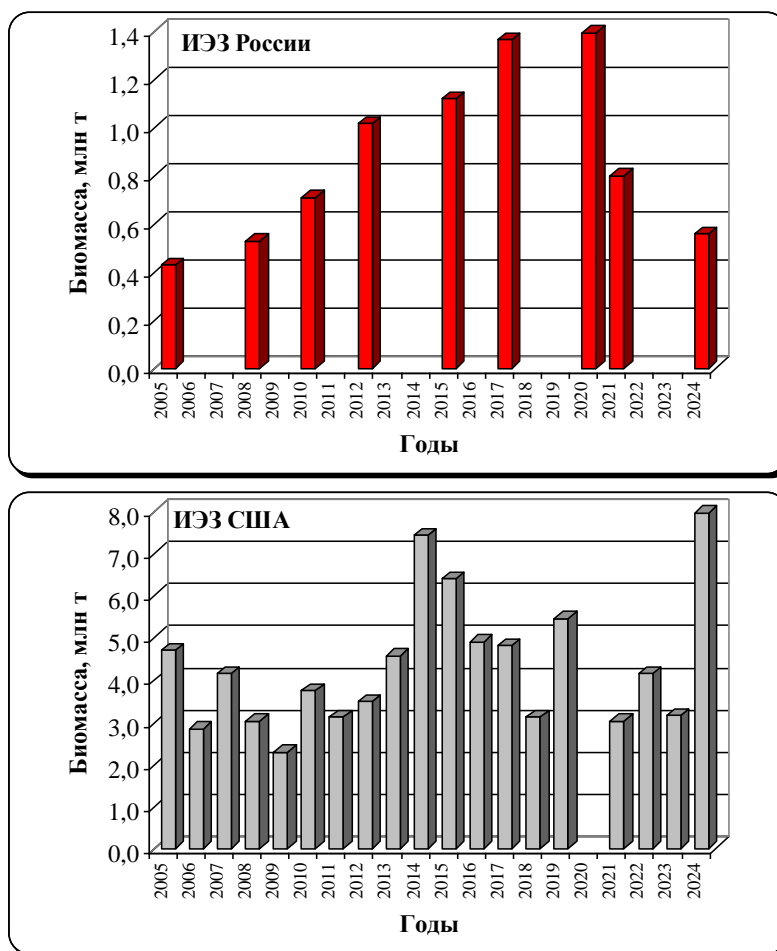


Рис. 10. Межгодовая динамика биомассы восточоберингоморского минтая в ИЭЗ России (Наваринский район) и ИЭЗ США за период 2005–2024 гг. по данным донных траловых съемок «ТИНРО» и AFSC. Для сравнимости данных использован КУ = 1,0

В 2018 г. биомасса минтая в пелагиали восточной части Берингова моря (2,5 млн т), по данным тралово-акустической съемки, оказалась меньше по сравнению с 2016 г. (4,06 млн т) на 49,5%; численность в 2018 г. (5,57 млрд экз.) – ниже по сравнению с 2016 г. (10,75 млрд экз.) на 48,2%.

Значительное уменьшение биомассы (3,11 млн т) и численности (5,97 млрд экз.) минтая в 2018 г. отмечено и в придонном слое восточной части Берингова моря; оценка биомассы ниже по сравнению с 2017 г. (4,81 млн т) на 35,6%, численности по сравнению с 2017 г. (8,48 млрд экз.) – на 29,5%. Общая биомасса минтая в восточной части моря в 2018 г., по данным съемок, (5,6 млн т) меньше по сравнению с 2016 г. (8,97 млн т) на 37,6%.

В 2019 г. биомасса и численность минтая в придонном слое восточной части Берингова моря, по данным стандартной донной траловой съемки, значительно выше оценок аналогичной съемки 2018 г. – 5,45 млн т (выше результатов 2018 г. на 75,3%) и 9,13 млрд экз. (выше данных 2018 г. на 52,9%). По данным съемки 2019 г., в придонном слое восточной части Берингова моря преобладали поколения 2013-2014 гг.; по данным съемки 2018 г. – поколения 2012-2013 гг. Величина биомассы и численности минтая в 2019 г. сравнима с показателями 2017 г. Наиболее вероятно, что биомасса минтая в придонном слое восточной части Берингова моря в 2018 г. оценена ниже уровня 2016-2017 и 2019 гг. в связи с тем, что в летний период 2018 г. (в период съемки) значительная часть минтая обитала в северной и северо-западной части моря за пределами района съемки в зоне США.

В северо-западной части Берингова моря (зона России) в 2018 г. (июль–август), по данным эхоинтеграционно-траловой съемки, биомасса минтая в пелагиали оценена в 598,0 тыс. т, численность – в 1,191 млрд экз.

В северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская зона) в летний период 2018 г., по данным тралово-акустической съемки, преобладал минтай средних по численности поколений 2013 (21,0%) и 2014 гг. (20,0%) в почти равном соотношении (рис. 11). Относительно многочисленным было и поколение 2012 г. (10,3%); поколения 2015-2016 гг. имели небольшую численность. Младшевозрастной минтай поколения 2017 г., по данным съемки, имел значительную численность в северо-западной части моря (24,7%); большая численность этого поколения была отмечена и в восточной части Берингова моря. В Чукотской зоне в пелагиали летом 2018 г. преобладала рыба поколений 2013 г. (26,8%) и 2012 г. (16,4%) (рис. 11). Необходимо отметить, что выполненные в предыдущие годы съемки показали наличие в Чукотской зоне в летне-осенний период лишь некоторых размерно-возрастных групп минтая (рис. 12, 13).

В 2020 г. (август-сентябрь) биомасса минтая в пелагиали Западно-Берингоморской и Чукотской зон, по данным эхоинтеграционно-траловой съемки, оценена в 425,6 тыс. т, численность – в 1,609 млрд экз. Распределение минтая, величина его численности и биомассы в северо-западной части Берингова моря в августе-сентябре 2020 г. близки к данным аналогичной съемки в июле-августе 2018 г.

В северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период 2020 г. в пелагиали преобладал минтай средних по численности поколений 2013 и 2014 гг., среди младшевозрастной рыбы – поколение 2018 г. Относительно высокой была и численность поколений 2017 и 2019 гг., а также сеголетков (поколение 2020 г.).

По результатам донной съемки, численность и биомасса минтая в Западно-Берингоморской зоне в 2020 г. оценены в 5,48 млрд экз. и 1,39 млн т (при $K_y = 1$). В восточной части Берингова моря биомасса минтая по результатам донной съемки в 2020 г. оценена в 5,45 млн т, в 2021 г. – в 3,03 млн т.

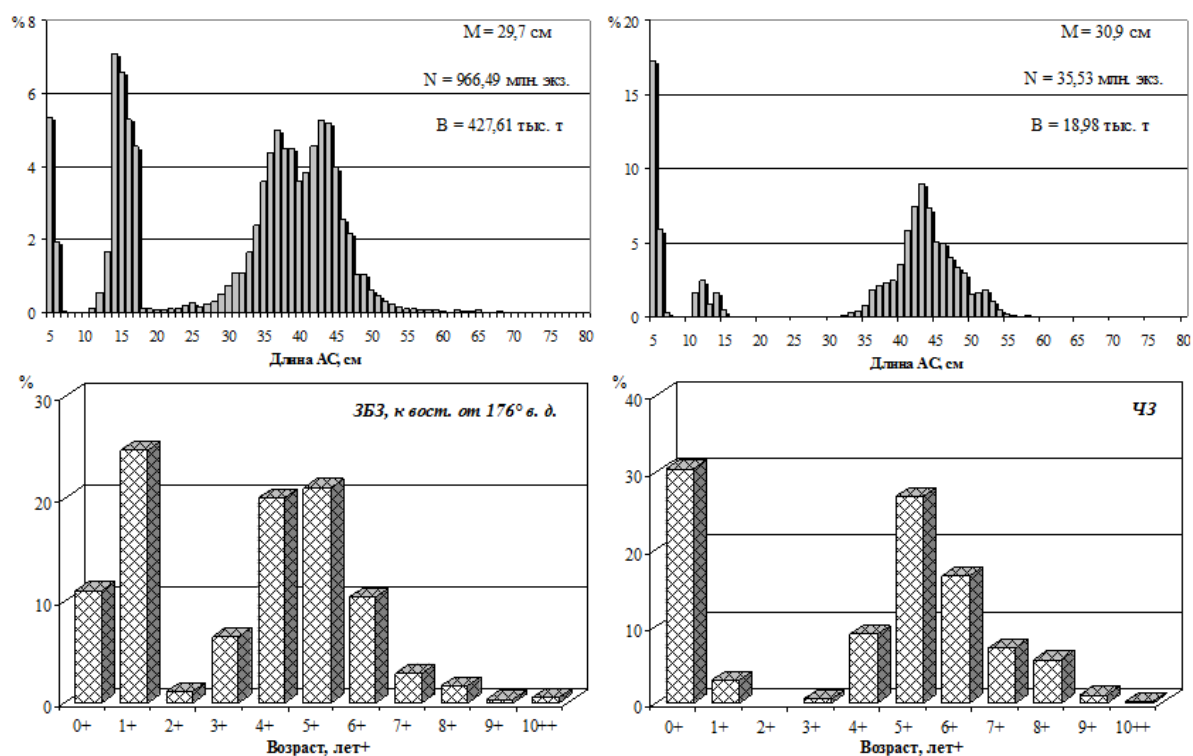


Рис. 11. Размерно-возрастной состав минтая в Западно-Беринговоморской (слева) и Чукотской (справа) зонах в июле-августе 2018 г. по данным тралово-акустической съемки НИС «Профессор Леванидов»

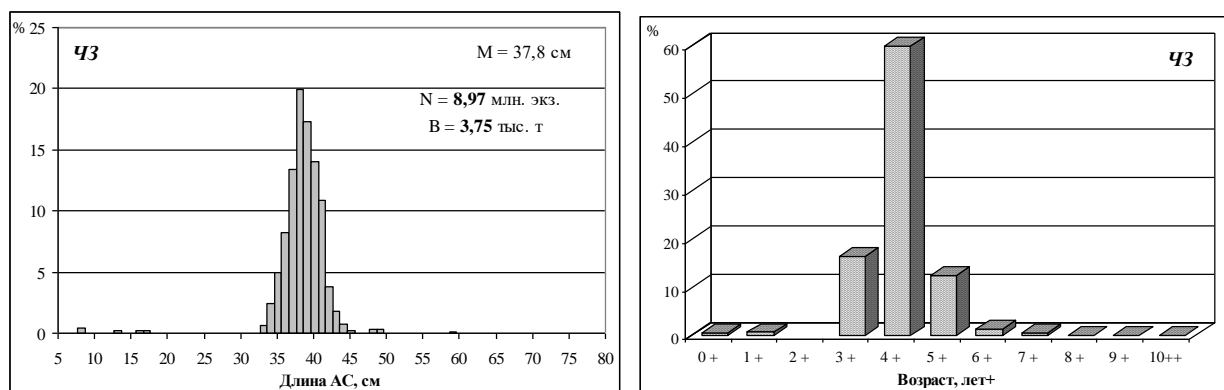


Рис. 12. Размерно-возрастной состав минтая в пелагиали Чукотской зоны в октябре 2012 г. по данным НИС «Профессор Кагановский»

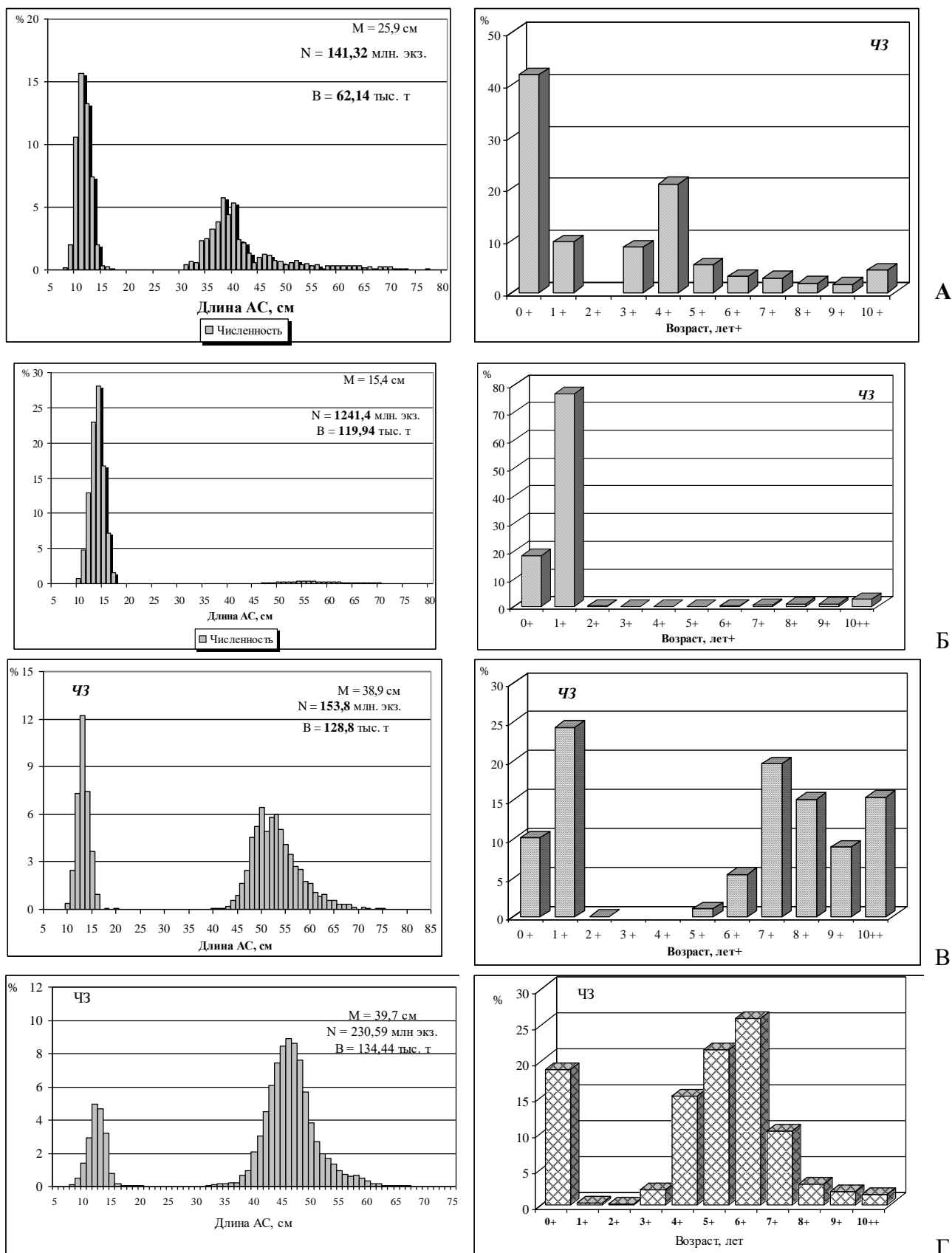


Рис. 13. Размерно-возрастной состав минтая в придонном слое Чукотской зоны (А – 08.07-26.08.2012 г. по данным НИС «Профессор Кагановский»; Б – 22.06.-08.08.2015 г. по данным НИС «ТИНРО»; В – 07.06-30.07.2017 г. по данным НИС «Бухоро»; Г – 04-08.08.2020 г., по данным НИС «Дмитрий Песков»)

В августе-сентябре 2021 г. численность минтая в придонном слое северо-западной части Берингова моря, по результатам донной траловой съемки НИС «Профессор Кагановский», оценена в 1,716 млрд экз., биомасса – в 0,800 млн т ($K_y=1$) (рис. 14). Численность рыб промыслового размера составила 1,227 млрд экз., а биомасса 0,754 млн т.

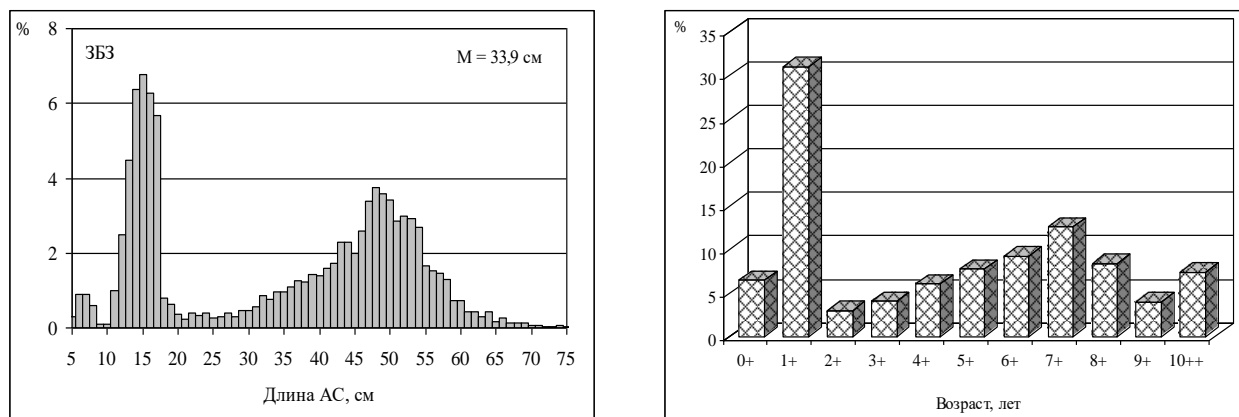


Рис. 14. Размерно-возрастной состав минтая в придонном слое Западно-Берингоморской зоне в августе-сентябре 2021 г. по данным НИС «Профессор Кагановский»

Биомасса минтая в восточной части Берингова моря в летний период 2022 г., по результатам донной траловой съемки Аляскинского центра рыбохозяйственных исследований США (AFSC), оценена в 4,15 млн т, в пелагиали (по данным тралово-акустической съемки) – в 3,83 млн т. Общая биомасса восточноберингоморского минтая, который доминирует в Западно-Берингоморской зоне в летне-осенний период, в 2022 г. оценена, по данным съемок, величиной около 8,0 млн т. В 2024-2025 гг. Аляскинский центр (AFSC) прогнозирует стабильное состояние ресурсов восточно-берингоморского минтая на среднем уровне.

В 2024 г. в восточной части Берингова моря биомасса минтая, по данным моделирования Аляскинского центра (AFSC), оценена в 10,18 млн т (в 2023 г. - 12,38 млн т). По данным донной траловой съемки, биомасса минтая в придонном слое оценена в 7,958 млн т; в пелагиали, по данным тралово-акустической съемки, – в 2,871 млн т; общая биомасса – в 10,829 млн т.

В Западно-Берингоморской зоне в летний период 2024 г. биомасса минтая, по данным донной траловой съемки на шельфе, оценена в 520,0 тыс. т, численность – в 2,180 млрд экз. ($K_y=1$). Биомасса минтая в придонном слое на континентальном склоне оценена в 37,0 тыс. т, численность – в 40,7 млн экз. ($K_y=1$). В придонном слое среди половозрелой рыбы преобладал минтай поколений 2017-2018 гг. В сентябре 2024 г., по данным тралово-акустической съемки, биомасса минтая в нижней части шельфа в относительно небольшом локальном районе, расположенном от разделительной линии до юго-западной части Анадырского залива, оценена в 114,5 тыс. т, численность – в 1464,1 млн экз. В пелагиали в этом регионе преобладал младшевозрастной

минтай поколения 2022 г. Суммарная биомасса минтая в северо-западной части Берингова моря летом 2024 г., по результатам трех съемок, оценена в 0,671 млн т.

Масштаб распространения минтая в северо-западную часть Берингова моря из восточной части моря в летне-осенний период 2024 г. значительно меньше, чем в предыдущем году. Основная причина относительно небольшого масштаба распространения минтая в северо-западную часть Берингова моря, вероятно, связана с относительно небольшой численностью предпочтительного корма в этом регионе – зоопланктона крупной фракции. В частности, об этом свидетельствует, по данным наблюдателей, невысокая интенсивность питания минтая в летний период 2024 г. и небольшая численность зоопланктона крупной фракции в его рационе.

Биомасса восточноберингоморского минтая, предположительно, стабилизируется в 2025-2026 гг. на уровне, близком к среднему за счет ряда средних по численности поколений (2017, 2019, 2020, 2021 гг.). Соответственно на среднем уровне наиболее вероятно и его распространение в Западно-Берингоморскую зону из восточной части моря в летний период. Указанные факторы могут обеспечить промысел минтая в Западно-Берингоморской зоне в 2025-2026 гг. на среднем уровне.

Таким образом, численность и биомасса восточноберингоморского минтая после 2014 г. снижались в связи с выбыванием многочисленных (2008 и 2012 гг.) и средних по численности (2010-2011, 2013-2014 гг.) поколений; с 2019 г. биомасса восточноберингоморского минтая стабилизировалась за счет многочисленного поколения 2018 г. и нескольких средних по численности поколений (2017, 2019 и 2020 гг.) на уровне близком к среднему.

Оценки численности и биомассы минтая в северо-западной и восточной частях Берингова моря, по результатам стандартных эхоинтеграционно-траловых и донных траловых съемок (при $K_y=1$), за период 2010-2024 гг. приведены в таблице 3.

Промысел. В Беринговом море минтай традиционно представляет основу одного из наиболее крупномасштабных и устойчивых российских промыслов в дальневосточном регионе. Специализированный промысел минтая в Беринговом море начался в конце 1950-х гг. До конца 1970-х гг. лов вели преимущественно в восточной части моря и в отдельные периоды – в северной (Наваринский район). В период 1970–1977 гг. максимум вылова в Беринговом море был зафиксирован в 1972 г., когда общий объем изъятия превысил 2,0 млн т; при этом 69,2% минтая было выловлено в юго-восточной части моря и 23,7% – на северо-западе моря.

Таблица 3

Численность (N, млрд экз.) и биомасса минтая (В, млн т) по данным съемок в северо-западной (ИЭЗ России) и восточной частях (ИЭЗ США) Берингова моря 2010–2024 гг.

Год	Зона России				Зона США			
	Пелагиаль		Донная (K _y =1)		Пелагиаль		Донная (K _y =1)	
	N	В	N	В	N	В	N	В
2010	0,571	0,144	1,652	0,686	13,41	2,46	5,397	3,74
2011	1,994	0,406	-	-	-	-	4,845	3,11
2012	0,935	0,263	3,085	0,954	6,67	1,84	6,475	3,49
2013	0,436	0,129	-	-	-	-	7,707	4,58
2014	2,987	0,206	-	-	17,10	3,48	11,831	7,43
2015	3,276	0,397	3,460	1,021	-	-	10,983	6,39
2016	-	-	-	-	10,75	4,06	8,532	4,91
2017	-	-	3,379	1,368	-	-	8,483	4,81
2018	1,191	0,598	-	-	5,57	2,50	5,972	3,11
2019	-	-	-	-	-	-	9,131	5,46
2020	1,609	0,425	5,484	1,391	-	3,60	-	-
2021	-	-	1,716	0,800	-	-	5,894	3,03
2022	-	-	-	-	9,67	3,83	11,90	4,15
2023	-	-	-	-	-	-	7,693	3,15
2024	1,464	0,114	2,587	0,557	11,35	2,87	16,487	7,95

В российских водах Берингова моря возникновение отечественного промысла относится к началу 1970-х гг. В течение десятилетия минтай добывался в основном в западной части моря – в Карагинском и Олюторском заливах. С увеличением интенсивности промысла одновременно расширялась и акватория лова: после введения в 1977 г. 200-мильных экономических зон промысел велся практически на всем азиатском шельфе Берингова моря от залива Озерной до разделительной линии с зоной США.

Второй пик уловов в Беринговом море отмечен в 1988 г., когда общий вылов минтая составил, по разным источникам, 4,07–4,20 млн т; из них в водах США и России (включая районы Алеутской и Командорской котловин) – 33,1 и 32,6% (в том числе в Наваринском районе – 20,9%), в центральной части моря – 34,3%. Широкомасштабное распространение минтая в районы глубоководных котловин было обусловлено значительным увеличением его биомассы за счет самого высокочисленного за весь период наблюдений поколения 1978 г. и ряда многочисленных поколений смежных лет. После выхода этих поколений из промысловой части популяции распространение минтая в глубоководные котловины уменьшилось, его годовые уловы в центральной части Берингова моря (анклаве) стали резко сокращаться: за пять лет (1989–1993 гг.) они уменьшились с 1,448 млн т до 2 тыс. т. В 1994 г., после подписания шестисторонней международной Конвенции по сохранению ресурсов минтая в Беринговом море, был введен мораторий на его промысел в центральной части моря, действующий до настоящего времени. В последние двадцать лет общий вылов минтая во всем Беринговом море находился на уровне 1,2–2,0 млн т.

В западной части Берингова моря (к западу от 174° в.д.) высокие и относительно стабильные уловы минтая наблюдались с 1976 по 1994 г. включительно. Здесь в среднем за год вылавливалось 273 тыс. т (при максимуме в 1976 г. – 549 тыс. т). После 1994 г., в связи со значительным сокращением ресурсов минтая в этом регионе, вылов и улов на усилие значительно снизились. В 1995–2001 гг. среднегодовой вылов уменьшился в 3,2 раза (максимум отмечен в 1999 г. – 149 тыс. т).

Снижение уловов во второй половине 1990-х гг. наблюдалось и в восточной части Берингова моря (зона США). Однако уже в 2000–2004 гг. вылов минтая в зоне США вновь увеличился (рис. 15) с дальнейшей стабилизацией в 2005–2006 гг., что было обусловлено вступлением в промысел ряда многочисленных и относительно многочисленных поколений 1995–1997, 1999–2001 гг.

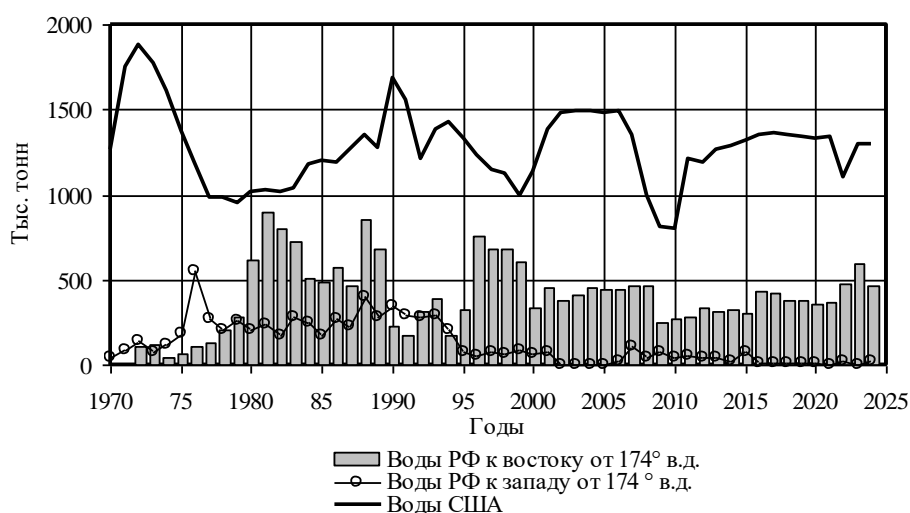


Рис. 15. Динамика вылова минтая в Беринговом море в 1970–2024 гг.

В 2008–2010 гг. вылов в восточной части Берингова моря резко уменьшился (в связи с сокращением ресурсов промысловой части популяции), а в 2011 г. – величина допустимого улова вновь была увеличена, в обоснование чего был положен факт вступления в промысловую часть популяции многочисленного поколения 2006 г. В последние одиннадцать лет (2014–2024 гг.) американский вылов составлял 1110–1425 тыс. т, что обеспечивалось наличием многочисленных поколений 2008, 2012, 2018 гг. и рядом средних по численности поколений смежных лет.

В российской части Берингова моря ежегодный вылов минтая исторически определялся не только его численностью, но и социально-экономическими факторами. Интенсивность промысла в большой степени зависела от организационно-технических причин. В первой половине 1990-х гг. снижение вылова минтая в Беринговом море было вызвано кризисным состоянием рыбной промышленности России. В этот период российский промысел минтая велся преимущественно в Охотском море.

Северо-западная часть Берингова моря (к востоку от 174° в.д. до линии разграничения морских пространств России – США, или Наваринский район) в настоящее время, как и ранее, является вторым по значимости районом промысла минтая в ИЭЗ России: в 1985–1992 гг. здесь добывалось от 178 до 852 тыс. т (в среднем 514 тыс. т, или 16,8% суммарного вылова минтая в Беринговом море). В конце 1990-х гг. объем вылова превысил 30% от суммарного по морю. В этом районе до 1990 г. круглогодичный промысел велся без ограничений по объемам вылова и размерному составу уловов; величина вылова полностью определялась интенсивностью лова (рис. 16).

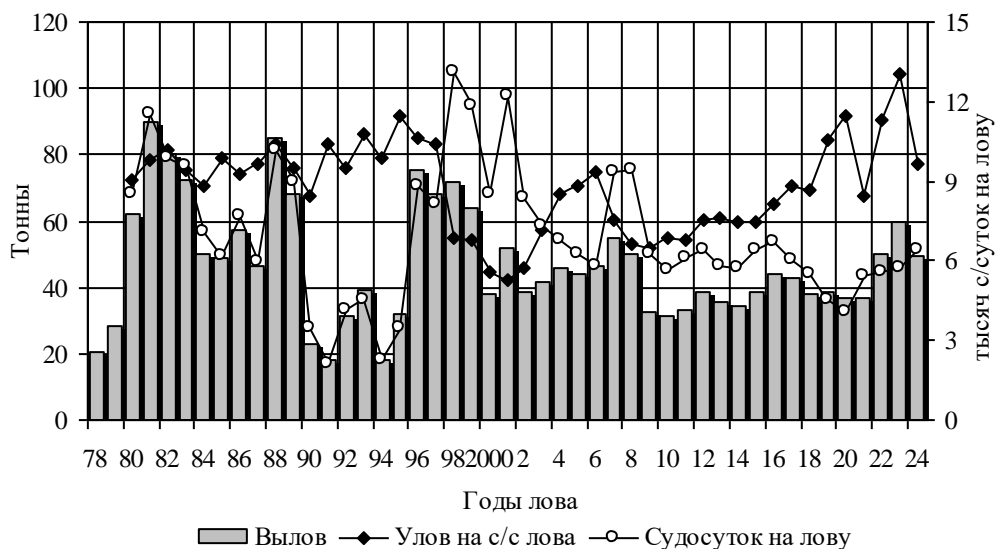


Рис. 16. Вылов минтая в Наваринском районе ($\times 104$ т), расчетное количество судосуток на лову и улов на судосутки лова в 1978–2024 гг.

В последующие годы промысел в этом районе стал регулируемым; величина ежегодного вылова определяется состоянием его ресурсов. До 2002 г. суда, занятые на промысле минтая в Западно-Беринговоморской зоне, дислоцировались на акватории от м. Олюторский до разделительной линии зон России – США. В годы временного запрета промысла (2002–2006 гг.) в Западно-Беринговоморской зоне на участке к западу от 174° в.д. специализированный промысел минтая велся только в Наваринском районе. С 2007 г., вплоть до введения в 2016 г. запрета на специализированный промысел минтая к западу от 174° в.д. в течение всего года, рыбодобывающий флот вел промысел на всей акватории Западно-Беринговоморской зоны; однако бóльшая часть судов в течение путины работала к востоку от 174° в.д. В 2016 г. проведена корректировка Правил рыболовства, в соответствии с которой специализированный промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне (к западу от 174° в.д.) запрещен в течение года. В настоящее время согласно п. 28.1 п/п «г» «Правил рыболовства...» специализированный промысел минтая в Западно-Беринговоморской зоне ведется исключительно на акватории к востоку от 174° в.д.

В российской части Берингова моря определение общего допустимого улова минтая производится отдельно для двух районов, соответствующих двум самостоятельным единицам запаса: в западной части (Олюторский, Карагинский заливы и район Западно-Берингоморской зоны к западу от 174° в.д.) и в северо-западной части моря (район к востоку от 174° в.д. до разделительной линии зон России и США).

В летний период минтай в небольшом количестве распространяется и в Чукотскую зону, в которой до 2008 г. ОДУ минтая не устанавливали, и он вылавливался, в основном, в качестве прилова. Так, в 2005 г. общий вылов составил всего 1 т, а в 2007 г. – 857 т. В 2008 г. вылов увеличился до 2,6 тыс. т. Однако уже в следующем году было выловлено всего 5 т минтая. В 2011–2024 гг. вылов в этой зоне был небольшим при среднем освоении ОДУ 46,6% (табл. 4). Причина небольшого освоения ОДУ – незначительное распространение минтая в Чукотскую зону в летний период из Западно-Берингоморской зоны и незаинтересованность добывающих предприятий в его добыче в данном промысловом районе.

Таблица 4

ОДУ, вылов и освоение минтая в Чукотской зоне в 2011–2024 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2011	5,7	3,822	67,1
2012	5,3	4,441	83,8
2013	5,6	4,376	78,1
2014	5,3	3,404	64,2
2015	5,5	2,136	38,8
2016	6,2	5,506	88,8
2017	6,5	3,995	61,5
2018	5,4	4,548	84,2
2019	5,5	2,612	47,5
2020	4,8	0,723	15,1
2021	5,0	0,576	11,5
2022	7,0	0,175	2,5
2023	8,0	0,344	4,3
2024	5,0	0,223	4,5

Прямая зависимость вылова минтая от численности его ежегодного пополнения и биомассы в Западно-Берингоморской зоне отмечается далеко не всегда. Одна из основных причин значительной межгодовой изменчивости уловов связана с тем, что промысел минтая здесь базируется в основном не на минтае местного происхождения, а на рыбе, мигрирующей в этот район в нагульный период из восточной части Берингова моря. Численность, биомасса, размерно-возрастная структура минтая и результативность промысла в северо-западной части моря зависят не от численности поколений местного происхождения, а от масштаба распространения рыбы из восточной части Берингова моря в летне-осенний период.

Существенное, а в отдельные годы определяющее влияние на распространение минтая и результативность промысла в северо-западной части моря в летне-осенний период оказывает распределение и численность зоопланктона крупной фракции в Беринговом море, прежде всего, основных, предпочтительных объектов питания минтая – эвфаузиид и крупных видов копепод.

В последние годы на большей части акватории шельфа и континентального склона Берингова моря, в том числе в российских водах, в планктоне и питании минтая преобладали мелкие виды копепод и другие мелкие виды планктона с низкой калорийностью; интенсивность питания минтая в нагульный период была относительно небольшой. Этот фактор оказал непосредственное влияние на поведение и распространение минтая в северо-западной части Берингова моря, в том числе в российских водах. Распространение минтая в Западно-Берингоморскую зону из восточной части Берингова моря в 2016–2024 гг. было интенсивным уже в первой половине лета, так как температурный фактор в эти годы не лимитировал сезонные миграции в северо-западную часть моря, а численность зоопланктона крупной фракции в районах зимовки и нереста в восточной части Берингова моря была относительно небольшой. Масштабному распространению минтая в ИЭЗ России в первой половине лета в 2016–2024 гг. способствовал и быстрый весенне-летний прогрев вод в северо-западной части Берингова моря. В конце летнего периода распространение минтая в российские воды замедлялось; обратные его миграции (особенно крупных половозрелых рыб) в направлении восточной части Берингова моря в эти годы начинались раньше по сравнению со среднемноголетними данными (в конце лета и начале осени).

Необходимо отметить, что с начала 2000-х гг. отсутствует деление Западно-Берингоморской зоны на статистические подрайоны, соответствующие распространению разных популяций минтая. Поэтому вылов западноберингоморского минтая входит в счет общей квоты минтая в зоне Западно-Берингоморская. Упразднение границы между статистическими подрайонами приводило к перелову рекомендованной величины изъятия минтая этой популяции при значительном его распространении в Западно-Берингоморскую зону в летне-осенний период. В некоторые годы здесь выбиралось минтая в 2,5–4,4 раза больше рекомендованного уровня (табл. 5). Это обстоятельство могло негативно отразиться на состоянии ресурсов западно-берингоморского минтая.

Несмотря на то, что в настоящий момент ресурсы западноберингоморской популяции минтая продолжают оставаться ниже уровня, позволяющего вести крупномасштабный траловый промысел, после закрытия в 2016 г. специализированного промысла в Западно-берингоморской зоне к западу от 174° в.д. была отмечена тенденция роста ее ресурсов. По модельным оценкам специалистов «КамчатНИРО», уже к началу 2022 г. общая биомасса западноберингоморского минтая составляла

582,2 тыс. т. В составе популяции появилось поколение 2019 г., которое, по полученным данным, можно отнести к среднечисленным.

Таблица 5

ОДУ, вылов и освоение минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2003–2024 гг. по данным ИС «Рыболовство»

Год	Западнее 174° в.д.			Восточнее 174° в.д.			Суммарно по зоне		
	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2003	5,0	3,815	76,3	420	415,303	98,9	425,0	419,118	98,6
2004	3,7	4,920	133,0	416,3	422,356	101,5	420,0	427,276	101,7
2005	4,7	6,192	131,7	447,8	444,531	99,3	452,5	450,723	99,6
2006	4,7	21,122	449,4	462,3	442,204	95,7	467,0	463,326	99,2
2007	77,0	119,154	154,7	542,4	448,719	82,7	619,4	567,873	91,7
2008	70,1	53,221	75,9	485,6	449,713	92,6	555,7	502,934	90,5
2009	38,0	95,176	250,5	390	228,341	58,5	428,0	323,517	75,6
2010	27,4	38,529	140,6	310,7	273,025	87,9	338,1	311,554	92,1
2011	21,7	50,144	231,1	331,9	282,724	85,2	353,6	332,868	94,1
2012	21,0	46,442	221,2	389,8	339,127	87,0	410,8	385,569	93,9
2013	13,0	48,482	372,9	380,1	310,410	81,7	393,1	358,892	91,3
2014	0,1	52,883	-	393,0	289,522	73,7	393,0	342,405	87,1
2015	0	79,600	-	430,0	304,707	70,9	430,0	383,832	89,4
2016	0	8,819	-	455,8	431,893	94,8	455,8	440,712	96,7
2017	0	14,768	-	475,5	416,141	87,5	475,5	430,909	90,6
2018	1,8	13,000	-	391,0	374,926	95,9	392,8	387,926	98,8
2019	1,3	9,731	-	398,5	376,618	94,5	399,8	386,349	96,6
2020	1,2	9,260	-	388,8	360,889	92,8	390,0	370,149	94,9
2021	1,1	13,081	-	413,9	352,809	85,2	415,0	365,890	88,2
2022	1,4	23,218	-	557,6	479,117	85,9	559,0	502,335	89,9
2023	1,4	29,321	-	610,6	573,245	93,9	612,0	602,566	98,5
2024	0	24,781	-	700,0	470,067	67,2	700,0	494,848	70,7

В районе к востоку от 174° в.д. (Наваринский район) на протяжении последних трех десятилетий величина ОДУ существенно изменялась (табл. 5). Максимум (542,4 тыс. т) вылова в первом десятилетии был рекомендован в 2007 г., после чего он уменьшался до 2010 г. в связи со снижением ресурсов минтая.

В 2011 г. допустимый улов в Наваринском районе был увеличен до 331,9 тыс. т (в связи со вступлением в промысловую часть популяции многочисленного поколения 2006 г.), а ОДУ в Западно-Беринговоморской зоне в целом – увеличен до 353,6 тыс. т. В 2012 г. ОДУ в Западно-Беринговоморской был увеличен до 410,8 тыс. т, так как промысловая часть популяции пополнилась еще одним поколением (2008 г.), численность которого оценивалась выше среднего уровня. В 2013–2014 гг. ОДУ был несколько ниже, чем в 2012 г., так как численность поколения 2006 г. уменьшилась в результате естественной и промысловой убыли. В 2015–2017 гг. ОДУ был увеличен с 430,0 до 475,5 тыс. т в связи с пополнением промысловой части популяции многочисленным (2012 г.) и

несколькими средними по численности поколениями, а в 2018–2021 гг. снижен из-за выбывания из промысловой части популяции поколения 2012 г. и других средних по численности поколений. В 2022 г. появилась тенденция роста биомассы восточноберингоморского минтая за счет многочисленного поколения 2018 г. и нескольких средних по численности поколений 2017, 2019 и 2020 гг. Поэтому ОДУ минтая на 2022 г. увеличен до 559,0 тыс. т, в 2023 г. до 612,0 тыс. т, в 2024 г. до 700,0 тыс. т.

Промысел минтая в Западно-Берингоморской зоне ведется, главным образом, разноглубинными тралами в июне-декабре на нагульных скоплениях и в небольшом объеме в январе-феврале в период преднерестовых миграций (рис. 17).

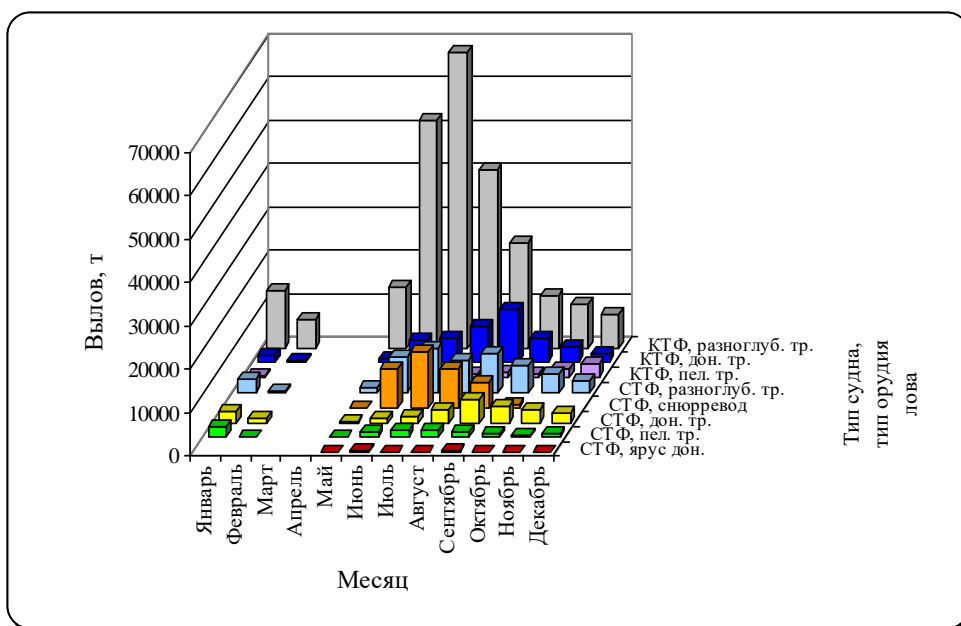


Рис. 17. Сезонная динамика вылова минтая (по типам судов и орудиям лова) в Западно-Берингоморской зоне в 2024 г.

В летний период улов на усилие увеличивается и в течение основного периода промысла минтая (лето – начало осени) в северо-западной части Берингова моря (Наваринский район) находится на относительно стабильном уровне. Короткопериодная изменчивость уловов в течение летне-осеннего периода зависит от динамики сезонных нагульных миграций минтая восточно-берингоморской популяции.

При экологических условиях, близких к среднемноголетним, максимум вылова приходится, как правило, на вторую половину лета – первую половину осени, что обеспечивается максимальным распространением минтая в Наваринский район в этот период. Однако в последние годы динамика вылова имеет иной характер – максимум вылова приходился на середину летнего периода (рис. 18), что связано с относительно ранней обратной миграцией минтая из северо-западной части Берингова моря в юго-восточном направлении, в прилегающую восточную часть Берингова моря.

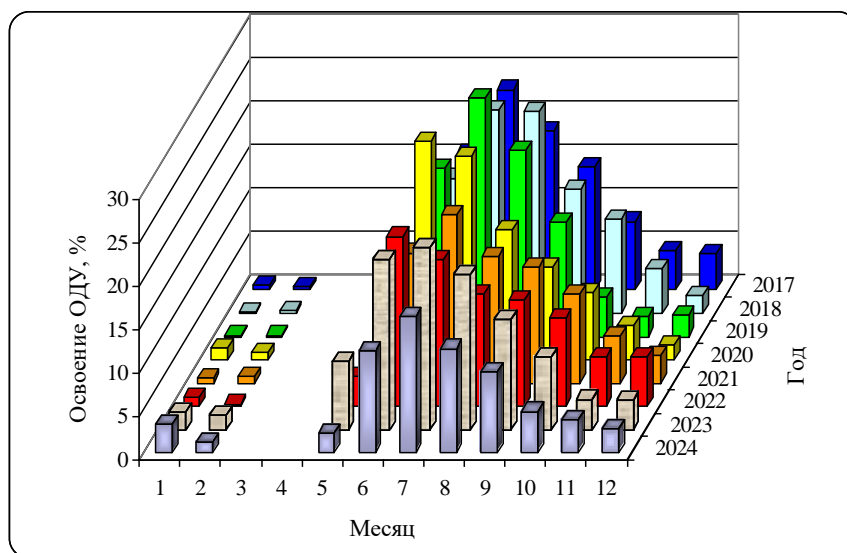


Рис. 18. Сезонное освоение ОДУ минтая в Западно-Беринговоморской зоне в 2017–2024 гг.

По многолетним данным, в Западно-Беринговоморской зоне (к востоку от 174° в.д.) в промысловых уловах преобладает минтай в возрасте 2+...5+ лет (рис. 19), на долю которого в отдельные годы может приходиться до 90% общей численности.

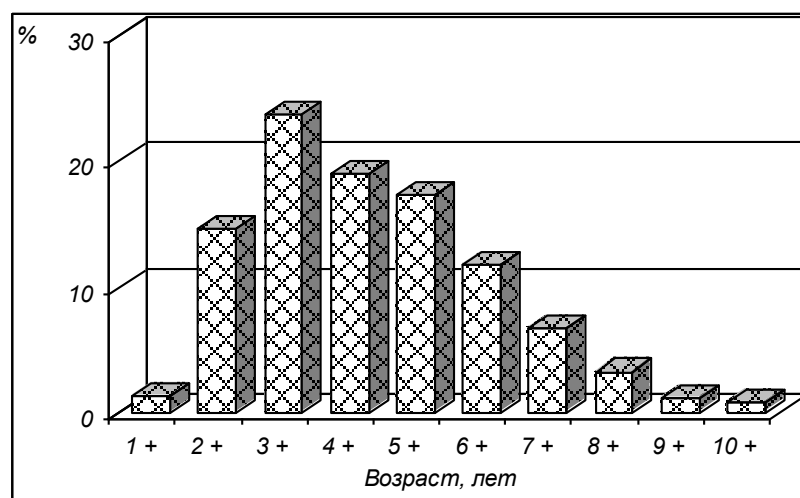


Рис. 19. Среднеголетний возрастной состав минтая (% по численности) в промысловых уловах в Наваринском районе Берингова моря в 1995–2009, 2012, 2017–2024 гг.

Тем не менее, существует межгодовая изменчивость размерно-возрастного состава минтая, варьирующая в зависимости от численности поколений и масштаба распространения рыбы из прилегающих районов восточной части Берингова моря.

В весенне-летний период 2018 г. в уловах промыслового флота в Западно-Беринговоморской зоне к востоку от 174° в.д. (Наваринский район) преобладал, как и в 2017 г., минтай средних по численности поколений 2013-

2014 гг. Относительная численность поколения 2012 г. в промысловых уловах в 2018 г. была значительно меньше по сравнению с предшествующим годом.

В 2019 г. в Западно-Беринговоморской зоне в промысловых уловах размерно-возрастной состав минтая был мономодальным и практически идентичным на протяжении основного периода лова (июль-сентябрь). В уловах преобладали поколения 2012–2014 гг., на которые суммарно приходилось 74,8% общей численности. Прилов минтая длиной меньше промысловой меры составлял менее 7,0%.

В 2020 г. в уловах промыслового флота модальную группу в размерном ряду составлял минтай длиной 43–52 см, доля которого составляла 59,7% общей численности. Более $\frac{3}{4}$ улова (75,3%) было представлено поколениями 2013–2016 гг. с явным преобладанием поколения 2014 г. (25,2%). Прилов минтая меньше промысловой меры – 13,7% общей численности.

В 2021 г. в Западно-Беринговоморской зоне в промысловых уловах размерный состав минтая (в отличие от 2019-2020 гг.) был бимодальным с доминированием рыб длиной 31-36 см и 46-51 см, на долю которых приходилось 21,8 и 35,4%, соответственно (рис. 20). Прилов минтая длиной меньше промысловой меры достигал 30,6% общей численности. В возрастном составе преобладали поколения минтая 2017-2018 гг., на долю которых суммарно приходилось 32,2%; среди средневозрастных групп 36,7% составляли поколения 2014-2015 гг. (в возрасте 6(+)-7(+) лет). Старшевозрастные поколения минтая (2012 г. и старше) давали не более 5,4% улова от общей численности.

В 2022 г. в Западно-Беринговоморской зоне размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах варьировал в сезонном плане. В первой половине лета в значительном количестве из восточной части Берингова моря распространялся младшевозрастной неполовозрелый минтай (рис. 20). Средняя длина минтая в уловах составляла 38,4 см; на долю модальной группы 35-40 см приходилось 68,9% общей численности; прилов рыб длиной меньше промысловой меры – составлял 41,6%. В возрастном ряду преобладали поколения 2017 г. (23,7%), 2018 г. (44,9%) и 2019 г. (14,4%).

Во второй половине лета 2022 г. в Западно-Беринговоморской зоне преобладали две размерные группы: 40-44 см (51,5%) и 50-52 см (13,7%), прилов рыбы длиной меньше промысловой меры – 1,7%. В возрастном ряду преобладал минтай поколения 2017 г. (39,0%).

В 2023 г. в Западно-Беринговоморской зоне в промысловых уловах размерно-возрастной состав минтая был мономодальным и идентичным на протяжении июля-августа (рис. 20). В уловах преобладали поколения 2017–2018 гг.; на их долю по численности в сумме приходилось 62,6%. Прилов минтая длиной меньше промысловой меры составлял 3,3%.

В летне-осенний период 2024 г. в промысловых уловах в Западно-Беринговоморской зоны преобладал минтай поколений 2017-2019 гг. в возрасте 5(+)-7(+) лет (59,7% общей численности); значимую долю в уловах

(17,6%) составлял младшевозрастной минтай поколений 2021-2022 гг., прилов рыб меньше промысловой меры – 20,4%.

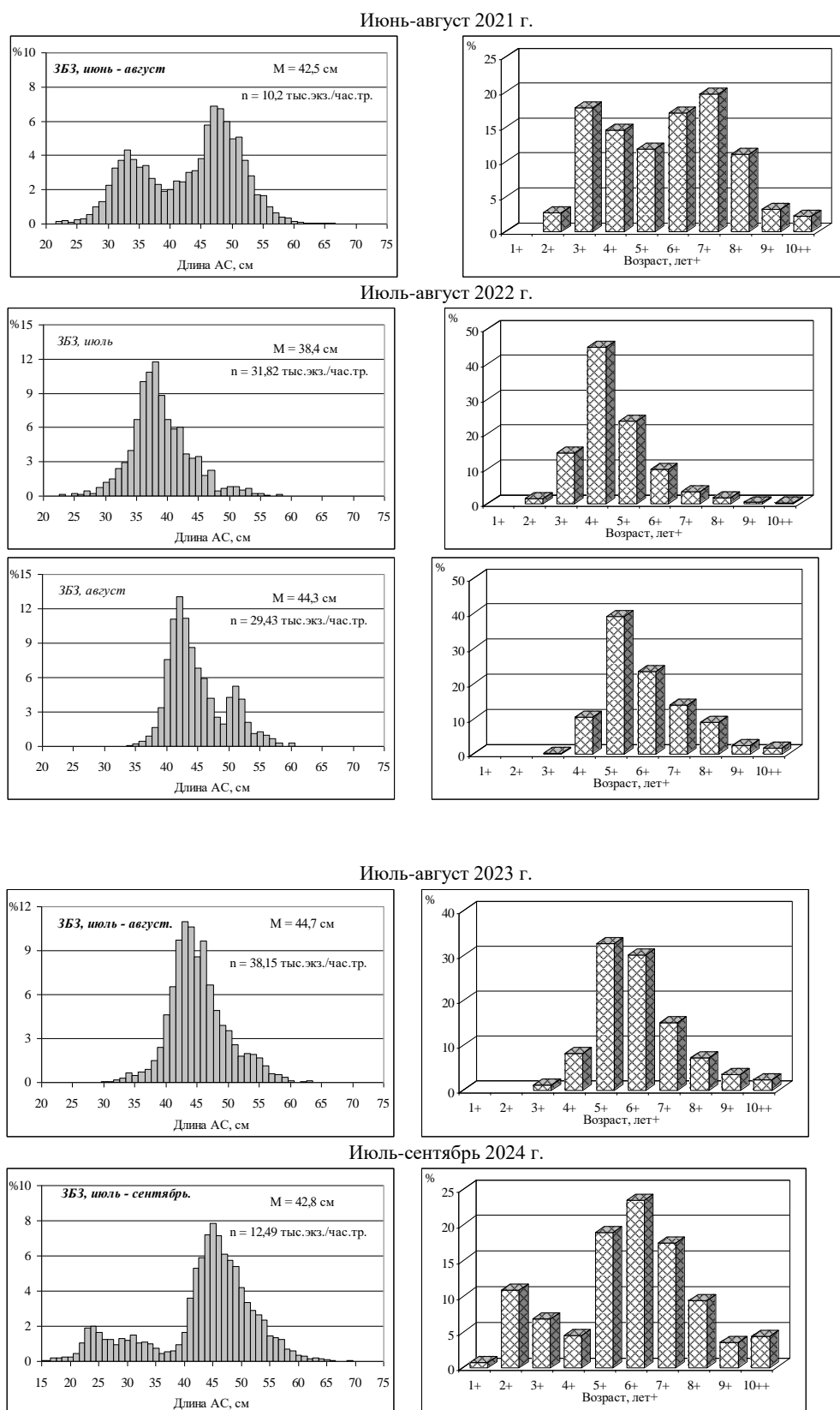


Рис. 20. Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах в Западно-Беринговоморской зоне в летне-осенний период 2021–2024 гг.

Улов минтая на промысловое усилие в Западно-Беринговоморской зоне значительно варьирует в межгодовом плане. В 2010-2013 гг., в соответствии с ростом ресурсов минтая, улов на усилие увеличивался, в 2014-2015 гг. он стабилизировался, что соответствовало стабилизации его ресурсов. В последующие годы рост улова на усилие (рис. 16) был связан не с ростом ресурсов, а с увеличением масштаба распространения половозрелого минтая в северо-западную часть Берингова моря, в том числе в российские воды, в летний период из восточной части моря. Масштаб распространения увеличился, так как в эти годы для минтая стала доступной, из-за повышения температуры воды в придонном слое, центральная и северная часть Анадырского залива с потенциально высокой численностью зоопланктона крупной фракции.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Анализ матрицы оценок относительной селективности промысла, представленной на рисунке 21, показывает, что отдельные поколения имеют явные особенности во взаимодействии с промыслом, в связи с чем, использованное в расчетах уточненное трехпараметрическое сепарабельное представление коэффициентов промысловой смертности может считаться оправданным. На рисунке представлены значения относительной селективности промысла, нормированные таким образом, что сумма значений оценок относительной селективности промысла по возрастным группам для каждого года равна единице.

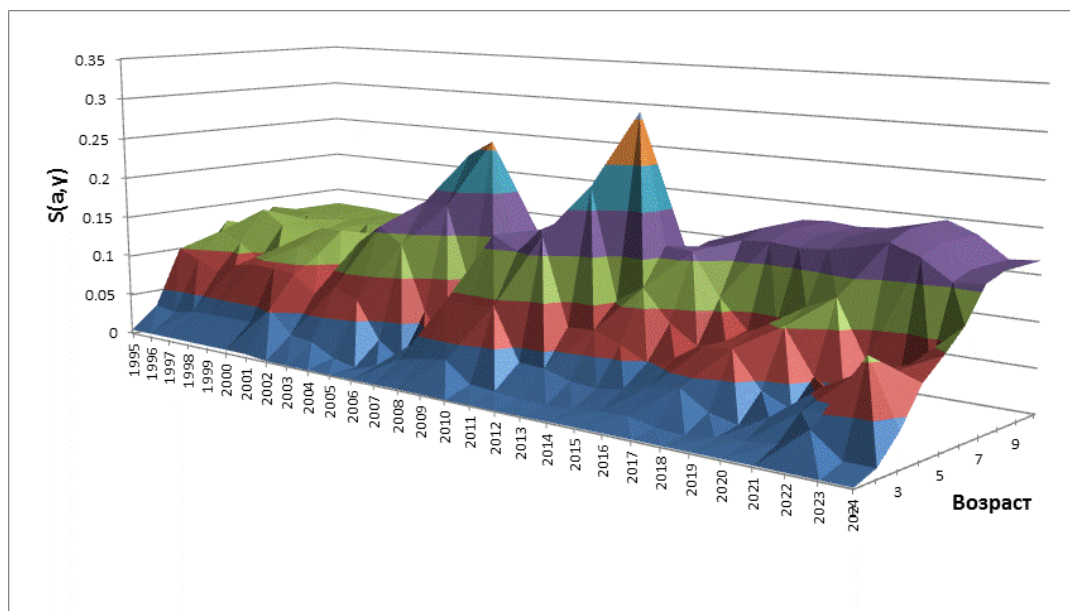


Рис. 21. Оценки относительной селективности промысла минтая по возрастным группам и годам

На рисунках 22 и 23 представлены оценки численности пополнения и промысловой смертности минтая.

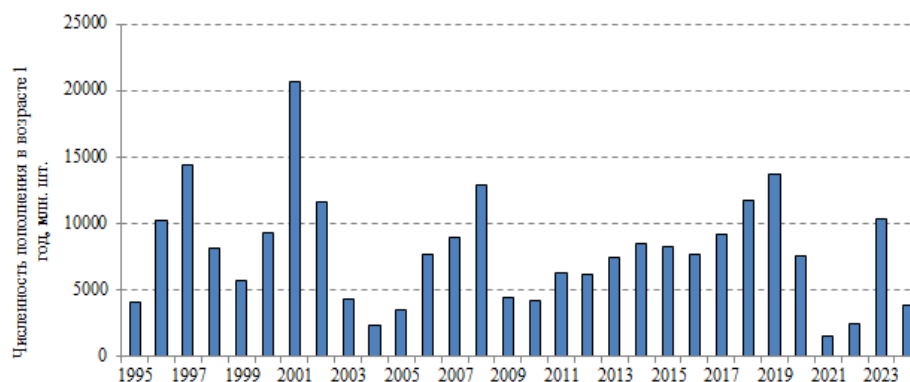


Рис. 22. Оценки численности пополнения минтая

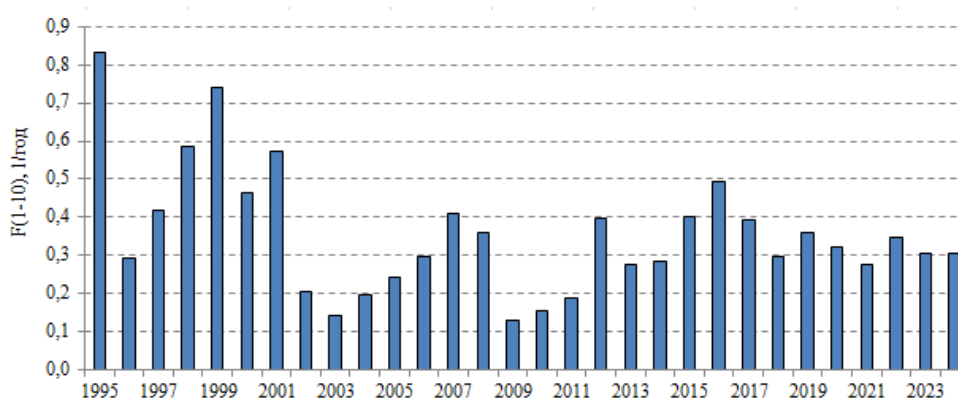


Рис. 23. Оценки мгновенных коэффициентов промысловой смертности минтая

Поскольку пополнение в незначительной степени зависит от биомассы нерестового запаса, а определяется совокупностью других факторов, в качестве целевого ориентира по промысловой смертности выбрана такая её величина, которая в равновесном режиме максимизирует улов на единицу пополнения (т.е. улов на одного рекрута), представляющая собой F_{msy} (рис. 24). Именно это значение мгновенного коэффициента промысловой смертности принято в прогнозе на 2026 г.

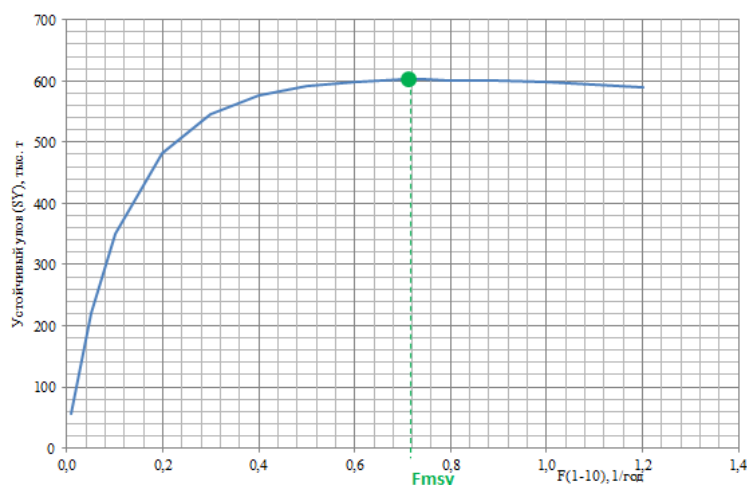


Рис. 24. Кривая устойчивых уловов минтая

Прогнозирование состояния запаса

Полученные в результате расчетов по модели TISVPA ретроспективные оценки, а также прогнозные оценки на 2025-2026 гг. приведены на рисунке 25 и в таблице 6.

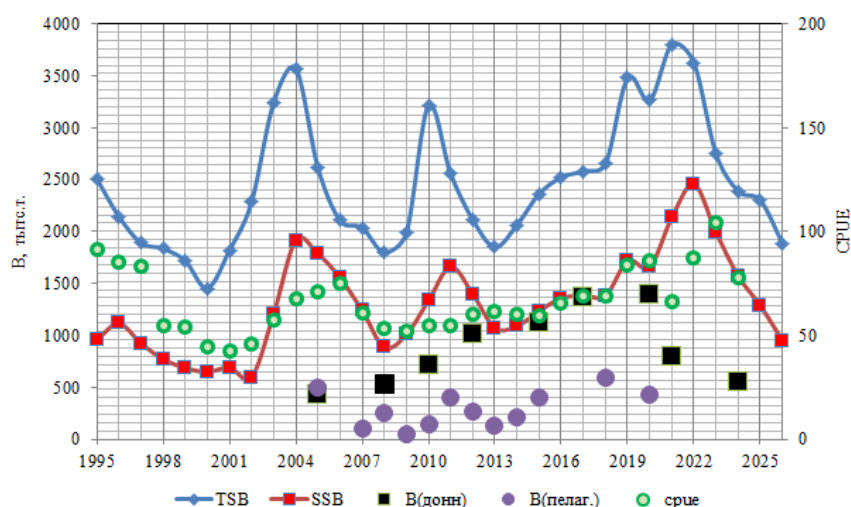


Рис. 25. Ретроспективные и прогнозные оценки биомассы запаса минтая в северо-западной части Берингова моря

Таблица 6
Ретроспективные оценки численности запаса минтая по возрастным группам (годы) и годам промысла

	Численность запаса по возрастным группам										F(1-10)	TSB	SSB	Улов/ОДУ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+				
1995	4053,9	2975,1	8098,1	1205,2	388,5	187,0	12,1	2,6	1,3	0,3	0,833	2509,4	956,5	
1996	10185,9	1648,2	1707,8	3744,8	510,3	115,9	64,1	0,8	0,4	0,0	0,292	2145,5	1114,8	
1997	14406,8	4108,9	969,6	919,1	1633,6	246,1	52,3	35,1	0,4	0,2	0,417	1890,7	923,1	
1998	8099,3	5804,6	2295,7	516,6	400,6	496,2	117,4	24,5	18,5	1,8	0,587	1835,7	771,3	
1999	5746,9	3193,5	3034,5	936,4	222,8	127,8	166,9	43,8	9,4	4,2	0,740	1718,7	686,1	
2000	9285,2	2245,6	1689,8	1157,8	332,7	73,5	31,2	44,3	13,4	10,2	0,466	1453,3	647,2	
2001	20698,5	3739,8	1214,5	721,4	552,2	151,0	37,0	10,6	16,5	12,9	0,572	1819,0	690,1	
2002	11653,6	8329,8	2017,6	618,5	276,1	151,2	53,7	15,0	3,3	1,3	0,206	2284,2	597,9	
2003	4336,7	4712,5	4808,3	1095,4	381,7	166,4	89,7	32,6	8,9	3,6	0,143	3243,5	1207,2	419,1
2004	2284,2	1759,9	2829,7	3047,3	668,7	245,6	107,4	56,8	20,0	5,1	0,196	3570,2	1915,6	427,3
2005	3495,4	928,7	1094,7	1753,8	1816,4	376,7	139,6	60,8	32,9	7,6	0,245	2615,1	1785,0	450,7
2006	7705,4	1421,1	590,3	751,1	971,6	914,2	190,7	72,1	30,2	15,3	0,297	2107,3	1554,6	463,3
2007	8956,1	3127,6	892,8	422,5	465,8	457,0	348,2	87,7	33,8	14,2	0,412	2037,4	1239,0	567,9
2008	12919,0	3625,6	1796,2	573,8	287,5	238,8	101,0	174,3	31,3	7,8	0,361	1796,2	886,1	502,9
2009	4378,8	5252,5	2022,7	867,7	239,5	189,9	131,5	47,7	83,4	34,6	0,131	1987,3	1008,3	323,5
2010	4169,9	1758,1	2951,3	1247,0	550,5	158,3	134,7	86,9	29,3	32,6	0,155	3215,8	1336,4	311,6
2011	6225,7	1690,5	1079,3	1971,6	757,6	304,2	93,7	85,0	54,1	64,9	0,187	2556,2	1661,1	332,9
2012	6217,6	2531,2	1067,0	760,6	1185,7	414,9	159,9	49,8	48,8	18,7	0,396	2113,8	1398,4	385,6
2013	7478,9	2524,2	1587,5	695,1	441,1	433,0	142,3	68,4	15,8	9,9	0,275	1849,6	1072,1	358,9
2014	8499,5	3040,7	1596,5	1075,1	383,2	265,4	150,4	71,5	34,8	89,4	0,285	2065,5	1089,8	342,4
2015	8211,5	3449,4	1914,1	1132,4	677,4	199,9	129,9	71,3	32,0	97,7	0,400	2362,3	1235,4	383,8
2016	7668,9	3330,1	2151,8	1335,0	683,4	367,8	78,4	49,8	26,3	90,4	0,494	2522,5	1356,6	442,5
2017	9228,2	3108,2	2062,9	1465,9	774,7	371,4	181,2	21,6	13,9	29,6	0,392	2579,0	1386,4	430,9
2018	11755,6	3751,9	1944,7	1321,6	820,0	444,7	215,0	79,4	6,2	4,6	0,296	2652,2	1380,8	387,6
2019	13704,3	4779,5	2379,9	1396,6	812,8	441,8	235,0	98,7	35,9	35,7	0,361	3479,3	1718,5	386,2
2020	7527,4	5559,7	3008,0	1722,4	955,9	458,8	213,1	88,6	34,0	13,7	0,323	3263,0	1659,6	370,0
2021	1499,9	3052,1	3470,7	2117,7	1196,9	609,7	211,0	82,2	37,8	16,7	0,277	3803,8	2137,3	367,9
2022	2471,3	608,4	1894,7	2387,9	1423,3	812,9	360,1	86,9	35,8	15,7	0,346	3623,9	2456,2	502,3
2023	10402,5	1001,4	339,5	1170,9	1379,0	839,0	497,7	160,0	36,0	10,9	0,306	2746,4	1989,9	602,0
2024	3806,9	4221,9	625,8	206,2	733,9	758,6	434,9	219,3	73,1	97,5	0,305	2389,5	1571,4	495,0
2025	7900,0	1542,2	2578,6	400,5	119,5	395,5	379,1	214,9	107,0	83,9	0,53	2301,0	1287,0	702,0
2026	7900,0	3190,1	906,9	1450,7	186,9	48,7	139,7	131,1	72,5	65,1	0,7	1886,0	948,0	627,0

В прогнозных расчетах для 2025 и 2026 гг. использовалось среднегодовое значение численности для возрастной группы 1, а также средние за последние 3 года оценки значений относительной селективности промысла. Величина вылова в 2025 г. была принята равной $ОДУ = 702$ тыс. т.

Результаты ретроспективных прогонов представлены на рисунке 26. Оценки неопределенности в результатах, полученные с помощью условного параметрического бутстрепа, представлены на рисунке 27.

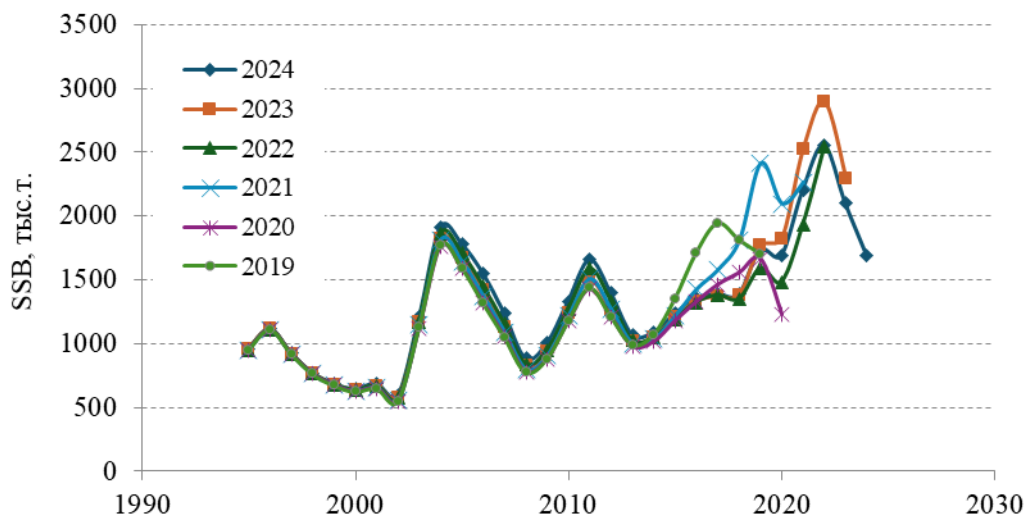


Рис. 26. Результаты ретроспективных прогонов

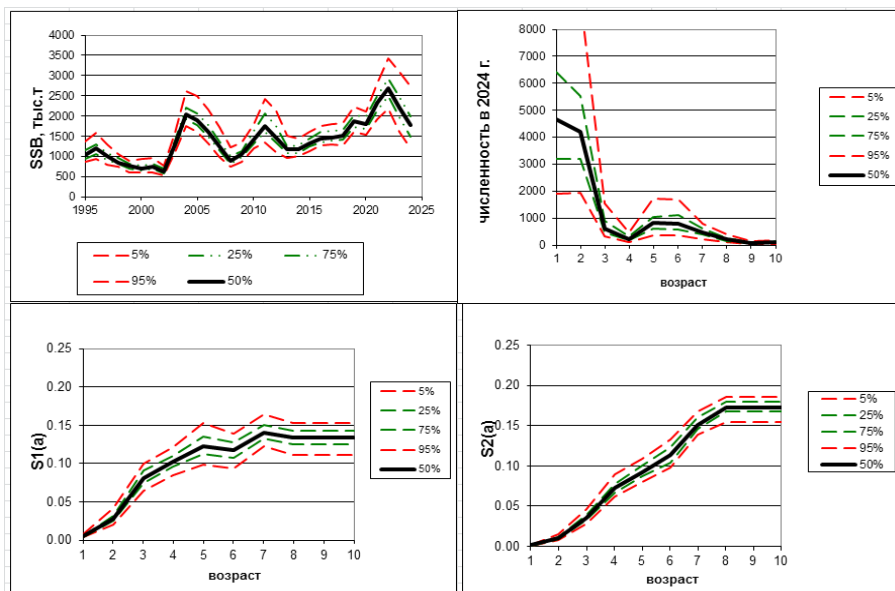


Рис. 27. Оценки неопределенности

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Учитывая, что промысел минтая в Наваринском районе базируется на рыбах, мигрирующих из восточной части Берингова моря, может происходить снижение миграционной активности восточноберингоморского минтая в российские воды при аномально

холодных условиях в летне–осенний период или при появления неурожайных поколений может заметно сократиться период образования промысловых скоплений минтая в Наваринском районе и снизится их плотность, в результате чего, увеличиваются риски связанные, с выбором выделенных объемов для судов.

В целом, результаты расчетов показывают, что в рамках рассмотренного сценария, в достаточной мере соответствующего цикличности колебаний пополнения в данном запасе, оценка величины ОДУ минтая в северо-западной части Берингова моря (в пределах Западно-Берингоморской зоны) на 2026 г. составит 627,0 тыс. т. Исходя из среднемноголетних данных о масштабе распространения минтая из Западно-Берингоморской зоны в Чукотскую зону, полученного на основе промысловых данных (менее 1% по биомассе), ОДУ минтая для Чукотской зоны в 2026 г. предлагается на уровне 5,6 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ минтая в 2026 г. в Западно-Берингоморской и Чукотской зонах составит 632,6 тыс. т, в том числе в Западно-Берингоморской зоне – 627,000 тыс. т, в Чукотской зоне – 5,600 тыс. т.** При этом допускается перераспределение объёмов общих допустимых уловов минтая между Западно-Берингоморской и Чукотской зонами без превышения суммарного объема общего допустимого улова минтая.

Анализ и диагностика полученных результатов

Тестирование стратегии управления не проводилось, поскольку на запасы минтая в Наваринском районе в значительной степени оказывают влияние внешние факторы – величина и структура запаса минтая в восточной части моря, океанологическая обстановка в Беринговом море в летне-осенний период, способствующая или, наоборот – препятствующая нагульным миграциям в российские воды, плотность нагульных скоплений, их пространственное распределение и продолжительность периода нагула минтая в Наваринском районе.

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: А.И. Варкентин, О.И. Ильин, Д.Я. Саушкина («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки текущего и перспективного состояния запасов западноберингоморского минтая, обоснования ОДУ на 2026 г. положены следующие данные:

— биостатистические материалы, собранные специалистом «КамчатНИРО» из промысловых уловов донным тралом в Карагинской

подзоне в марте 2024 г. на СРТМ «Геркулес» (количество проанализированных тралений — 7, количество массовых промеров (МП) минтая — 789 экз.);

— биостатистические материалы, собранные специалистом «КамчатНИРО» из промысловых уловов разноглубинным тралом в ноябре–декабре 2024 г. на БМРТ «Поллукс» (количество проанализированных тралений, ориентированных на добычу минтая — 16, МП — 5520 экз., полных биологических анализов (ПБА) — 250 экз.);

— биостатистические материалы, собранные специалистом «КамчатНИРО» из промысловых уловов снюрреводом в сентябре–октябре 2024 г. на РС 600 «Малки-1» (количество проанализированных операций — 27, МП — 2683 экз.);

— результаты донной траловой съемки, выполненной в Карагинской подзоне в августе–сентябре 2024 г. на НИС «Дмитрий Песков» (рис. 28) (количество тралений — 68, МП минтая — 4465 экз.);

— многолетние биостатистические данные с 1970 г., результаты иктиопланктонных и донных траловых съемок, выполненных в прежние годы;

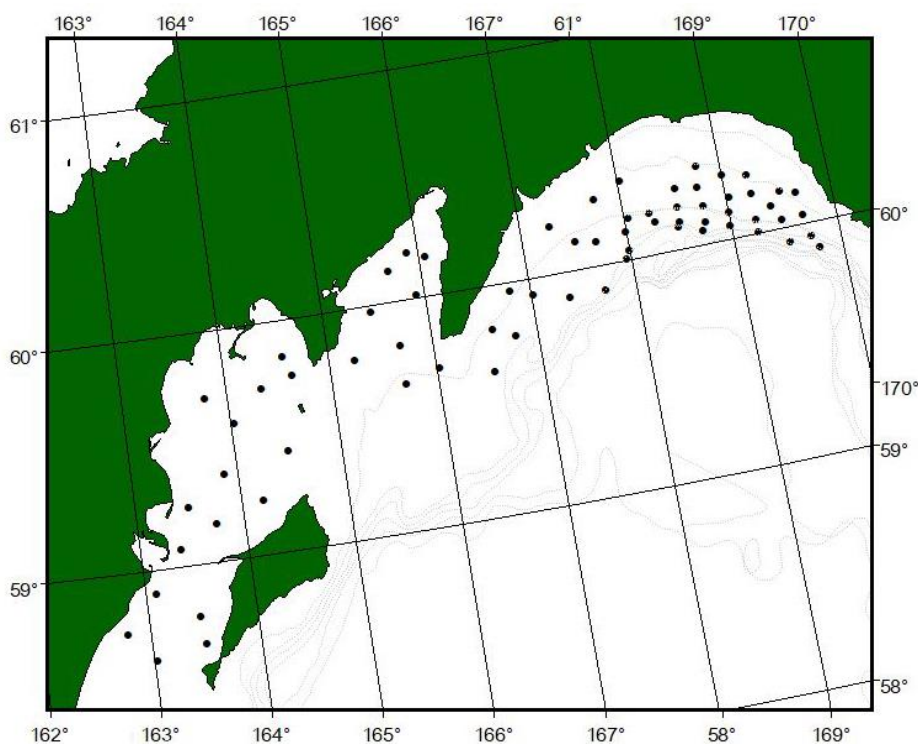


Рис. 28. Схема станций донной траловой съемки, выполненной на НИС «Дмитрий Песков» в августе – начале сентября 2024 г. в Карагинской подзоне

— данные из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что часть годового вылова минтая в Карагинской подзоне не отражается в судовых суточных донесениях (ССД) из ОСМ, т.к. изымается судами, которые, согласно п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, не оснащены техническими средствами контроля (ТСК) и не подают ССД. В соответствии с п. 13.5 они представляют оперативную отчетность предприятий (ООП). При этом ООП не содержит информацию о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова. Учитывая вышеизложенное, сведения об общем вылове минтая получали по данным ООП, структуре промысла — ССД.

Сведения об общем вылове минтая в 2012–2023 гг. в Карагинской подзоне, полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для западноберингоморского минтая в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам с 1970 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., оценки нерестового запаса по результатам ихтиопланктонных съемок, выполненных в 2001, 2002, 2018, 2020, 2023 гг. В качестве дополнительной информации есть сведения об индексах общей численности и биомассы, размерно-возрастном составе минтая на стандартном полигоне, полученные по результатам донных траловых съемок в 2012, 2016, 2019–2020, 2024 гг.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

В 2008–2021 гг. для оценки запасов западноберингоморского минтая использовалась модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. С 2022 г. применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-

точечным фильтром Калмана (UKS) [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности - экспоненциально-логистический:

$$s_{t,a} = \frac{\exp(r_{1t}r_{2t}(r_{3t} - a))}{1 - r_{2t}[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))]},$$

где: r_{1t}, r_{2t}, r_{3t} — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = [\ln N_{t,2}, \dots, \ln N_{t,14}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = [\ln C_{t,2}, \dots, \ln C_{t,14}, \ln I_t^1, \ln I_t^2, \ln I_t^3]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t — индексы запаса.

При моделировании запаса западноберинговоморского минтая предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2), \quad \varepsilon_{r3,t} \sim N(0, \sigma_{r3}^2);$$

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^C \sim N(0, \Sigma_C)$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индексов нерестовой и общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$ и $\varepsilon_t^{I3} \sim N(0, \sigma_{I3}^2)$ по ихтиопланктонным и траловым съемкам соответственно;

— коэффициент улавливаемости $q_3=1,0$.

Для коэффициента естественной смертности западноберинговоморского минтая выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.25, 0.2^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Диагональные элементы ковариационной матрицы для уловов по возрастам Σ_C зависят от возраста рыб кусочно-линейно, корреляционная структура матрицы Σ_C - типа авторегрессии первого порядка AR (1) при одинаковых диагональных элементах.

Исходные данные для модели следующие:

— матрица вылова (тыс. экз.) западноберингоморского минтая по возрастным группам (2-15 лет) в 1970–2024 гг., рассчитанная по многолетнему размерно-возрастному ключу, с использованием оценок возраста по отолитам (более 18 тыс. определений), составленная отдельно для первого и второго полугодий;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 29);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе-марте (рис. 29); фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972].

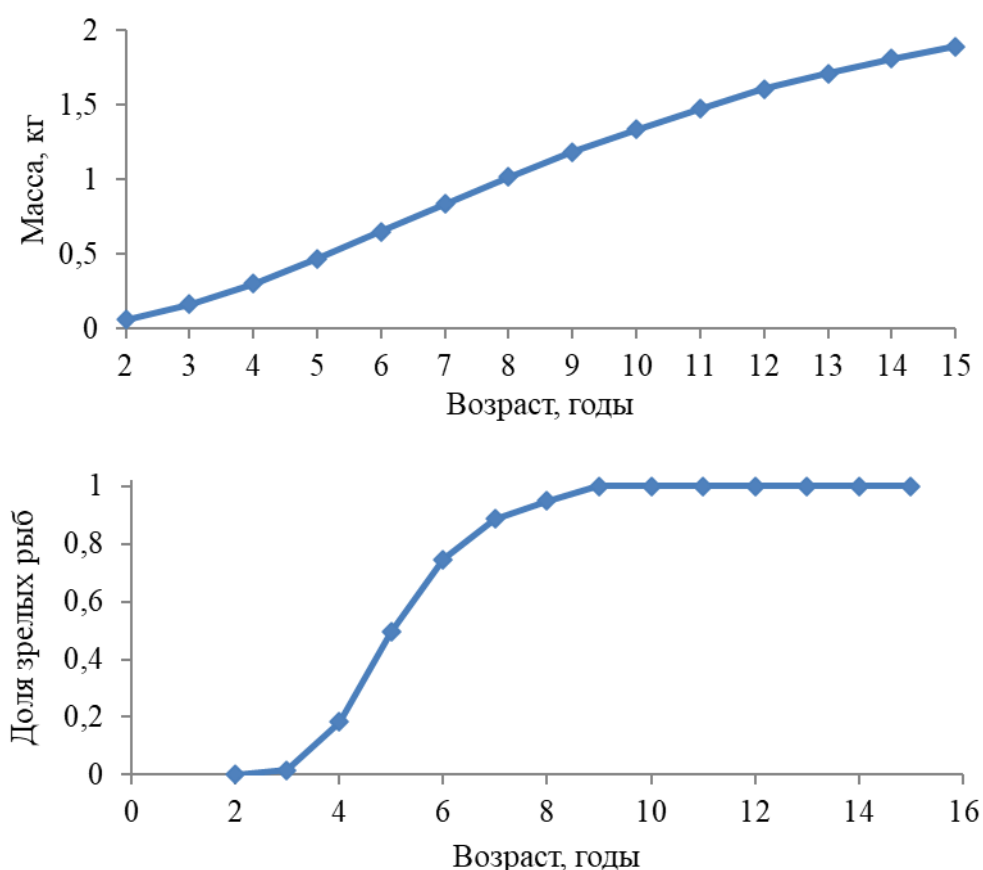


Рис. 29. Исходные данные для модели. Средняя масса рыб (вверху), доля половозрелых рыб (внизу) по возрастным группам

В качестве настроечных индексов в модели использованы:

— уловы на единицу усилия крупнотоннажных судов типа БАТМ «Пулковский меридиан» (разноглубинный трал (данные ОСМ 2003–2024 гг.);

— оценки нерестового запаса по результатам ихтиопланктонных съемок, выполненных в 2001, 2002, 2018, 2020, 2023 гг.

Икорные съемки — один из основных способов изучения воспроизводства и оценки численности репродуктивной части популяций минтая посредством учёта развивающихся в воде эмбрионов с последующим расчётом нерестового запаса [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др., 1987; Лисовенко, 2000; Балыкин и др., 2002; Балыкин, Варкентин, 2006]. Для

расчета нерестового запаса минтая уловы икры по станциям сначала пересчитывали на 1 м². Уловистость сети принимали равной 1. Далее, с помощью программы ГИС «КартМастер 4.1» для каждого стандартного по площади полигона (Кроноцкий, Авачинский заливы, Юго-Восток Камчатки и Северные Курилы) оценили общее количество учтенной икры по стадиям развития. Данные интерполировали методом «2D-Сплайн аппроксимации».

Продолжительность эмбриогенеза определяли по формуле А.В. Буслова и Н.П. Сергеевой [2009], полученной ими для «северных» популяций минтая:

$$T = 32,245e^{(-0,1682t)}, \text{ где:}$$

T – продолжительность эмбрионального развития, сут.,

t – температура воды, °C.

Для расчета средней температуры воды по результатам съемки рассчитывали средневзвешенное к количеству икры минтая в пробах значение в слое 0–50 м.

Соотношение продолжительности стадий развития икринок в течение эмбриогенеза принимается равным: стадия дробления (I) - 17%, стадия зародышевой полоски (II) - 26%, стадия неформившегося эмбриона (III) - 39%, стадия оформившегося эмбриона (IV) - 18% [Буслов, Сергеева, 2009].

Изменение суточной продукции начальной стадии развития за нерестовый сезон аппроксимировали функцией Гаусса [Зайцев, 1984]. Дату начала нереста определяли по поимке производителей с текучими либо выметанными половыми продуктами. Пик нереста устанавливали по соотношению в пробах икры разных стадий. За окончание нереста условно приняли конец мая. Проинтегрировав площадь под кривой, получили общее количество икры, выметанное производителями за нерестовый сезон.

Для перехода от общего количества выметанной икры к биомассе производителей использовали сведения о биологических показателях рыб: индивидуальной абсолютной плодовитости средней самки, соотношении полов, средней массе половозрелых рыб [Качина, Сергеева, 1978]. Указанные данные получали по результатам контрольных тралений. Нерестовый запас пересчитывали на начало года, для чего к полученному на предыдущем этапе значению прибавили количество выловленных до начала съемки производителей.

Размерный состав минтая по результатам контрольных тралений, выполненных во время ихтиопланктонных съемок, определяли взвешенно к уловам на 1 час траления в количественном выражении.

Начиная с 1958 г., в Карагинской подзоне регулярно проводились стандартные учетные съемки донным тралом. В 2000–2011 гг. число подобных работ существенно сократилось, а в 2012 г. они были возобновлены, но по упрощенной сетке станций (только на шельфе). В 2022–2023 гг. донные траловые съемки не проводились. Последняя результативная съемка выполнена в августе–сентябре 2024 г.

Минтай также учитывался во время этих съемок, но поскольку они ориентированы, прежде всего, на оценку запасов донных видов рыб (камбал,

трески, наваги и др.) и беспозвоночных (крабов), результаты съемок в отношении этого вида нерепрезентативны и как индексы состояния запаса для настройки модели не используются, но, тем не менее, в качестве дополнительной информации приводятся в обосновании. В частности, интерес представляет размерно-возрастной состав минтая в учетных тралениях, выраженный в относительных величинах, поскольку он позволяет сделать предположение об урожайности ближнего и дальнего пополнения.

Учитывая вышеизложенное, все донные траловые съемки, начиная с 2012 г., стандартизировали по полигону общей площадью 26,9 тыс. км². Размеры полигона определяли таким образом, чтобы в него вошло максимальное количество станций. Плотность рыб и величину запасов на полигоне оценивали методом зональных средних [Аксютин, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcView Gis 3.3. При оценке запаса коэффициент уловистости принимали за 1.

В итоге, к рассмотрению в настоящем обосновании приняты результаты донных траловых съемок, выполненных в 2012, 2016, 2019–2020, 2024 гг. Что касается съемки 2021 г., то в обосновании приведен только размерный состав минтая.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Промысел минтая в западной части Берингова моря в границах Карагинской подзоны и Западно-Берингоморской зоны на акватории к западу от 174° в.д. базируется на эксплуатации ресурсов западноберингоморской популяции этого вида. Центром воспроизводства рыб данной группировки являются зал. Олюторский и Карагинский. В период нагула минтай распространяется в западную глубоководную часть моря и Западно-Берингоморскую зону [Балыкин, 1981; Шунтов и др., 1993]. Районы зимовки минтая западноберингоморской популяции приурочены к подводным каньонам и другим неровностям материкового склона, где ощущается подток теплых глубинных вод и в декабре–марте его скопления отмечаются на крайнем шельфе и над свалом глубин у п-ова Озерной, о-ва Карагинский, Олюторского залива [Балыкин, 1981, 2006]. В годы низкой численности его скопления обнаруживаются на шельфе до глубины 20 м только в южной части Олюторско-Наваринского района, к западу от 176° в.д. При высоком уровне запаса район нагула распространяется в восточном направлении вплоть до м. Наварин и значительные концентрации отмечаются к востоку от 174° в.д., где он смешивается с минтаем, происходящим с восточноберингоморских нерестилищ [Фадеев, 1988; Шунтов и др., 1993], либо с «местным» минтаем, происходящим из северо-восточной части моря [Балыкин, 1981]. Во второй половине 1980-х гг. в Западно-Берингоморской зоне в зимние месяцы вылов считали до 174°, в летние - до 176° в.д. В настоящее время восточной границей распространения западноберингоморского минтая признается 174 восточный меридиан.

По сложившейся практике, рекомендованный в прогнозный год вылов западноберинговоморского минтая сначала определяется для всей популяции, а затем разделяется на 2 части - ОДУ в Карагинской подзоне и вылов в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. В свою очередь, ОДУ минтая в Западно-Беринговоморской зоне также складывается из двух составляющих: рекомендованного вылова на акватории к западу и востоку от 174° в.д.

Состояние запаса. По результатам последней ихтиопланктонной съемки, выполненной в мае 2023 г., нерестовый запас западноберинговоморского минтая оценен в 316,2 тыс. т, что выше, чем в 2018 и 2020 гг., но существенно ниже, чем в 1980–1990-х гг. (рис. 30). Таким образом, результаты 2023 г. продемонстрировали тенденцию роста ресурсов западноберинговоморского минтая.

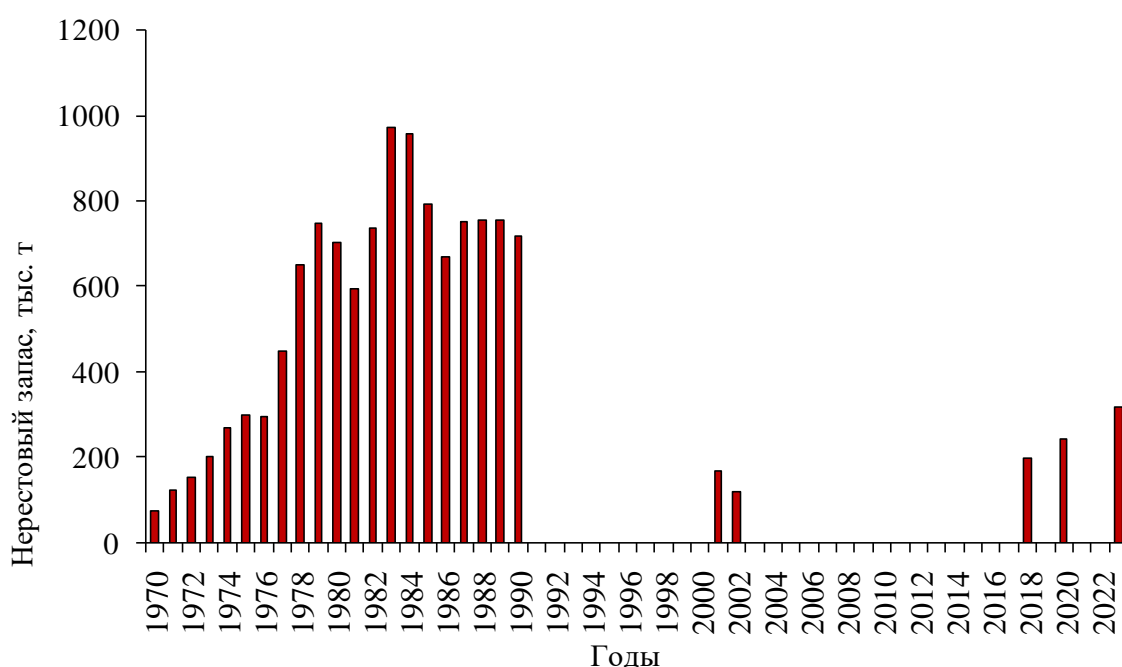


Рис. 30. Межгодовая динамика нерестового запаса западноберинговоморского минтая по результатам учетных ихтиопланктонных съемок

Сведения о размерно-возрастном составе минтая по результатам контрольных тралений, выполненных во время трех последних ихтиопланктонных съемок, представлены на рисунке 31. Обращает на себя внимание, что в 2020 г. в уловах абсолютно доминировали рыбы в возрасте 3 года поколения 2017 г. Особи этого же годового класса составляли основу уловов и весной 2023 г. Косвенно это может свидетельствовать о повышенной урожайности этого поколения.

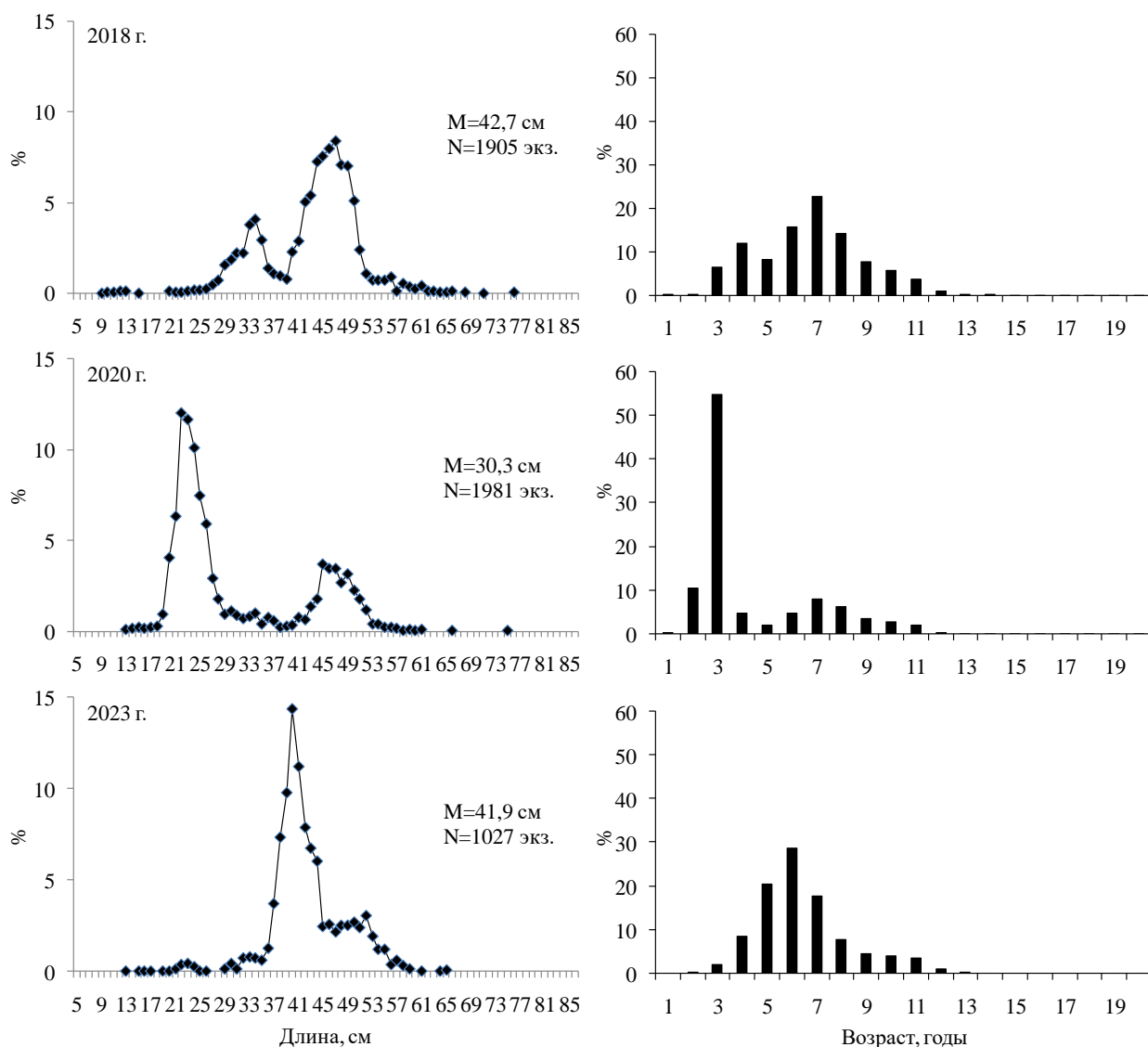


Рис. 31. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам контрольных тралений, выполненных разноглубинным тралом во время ихтиопланктонных съемок в Олюторском и Карагинском заливах в весенний период

По данным донной траловой съемки, выполненной в августе–сентябре 2024 г., минтай отмечен практически во всех тралениях, а наибольшие концентрации были зарегистрированы в Олюторском заливе (рис. 32). Относительное количество этого вида по массе в отдельных тралениях достигало 98,6%, а в среднем составляло 70,2%. Уловы на 1 час траления не превышали 6033 кг, при среднем значении, равном 821 кг. В среднем, по всему полигону плотность рыб была равна 14,667 тыс. экз./км² или 7,959 т/км² (табл. 7). В межгодовом аспекте, эти показатели были ниже, чем в 2019–2020 гг., но выше, чем в 2012, 2016 гг.

Всего на стандартном полигоне в 2024 г. индекс общей численности составил 394,642 млн экз., биомассы — 214,143 тыс. т минтая, что существенно ниже, чем в 2019–2020 гг.

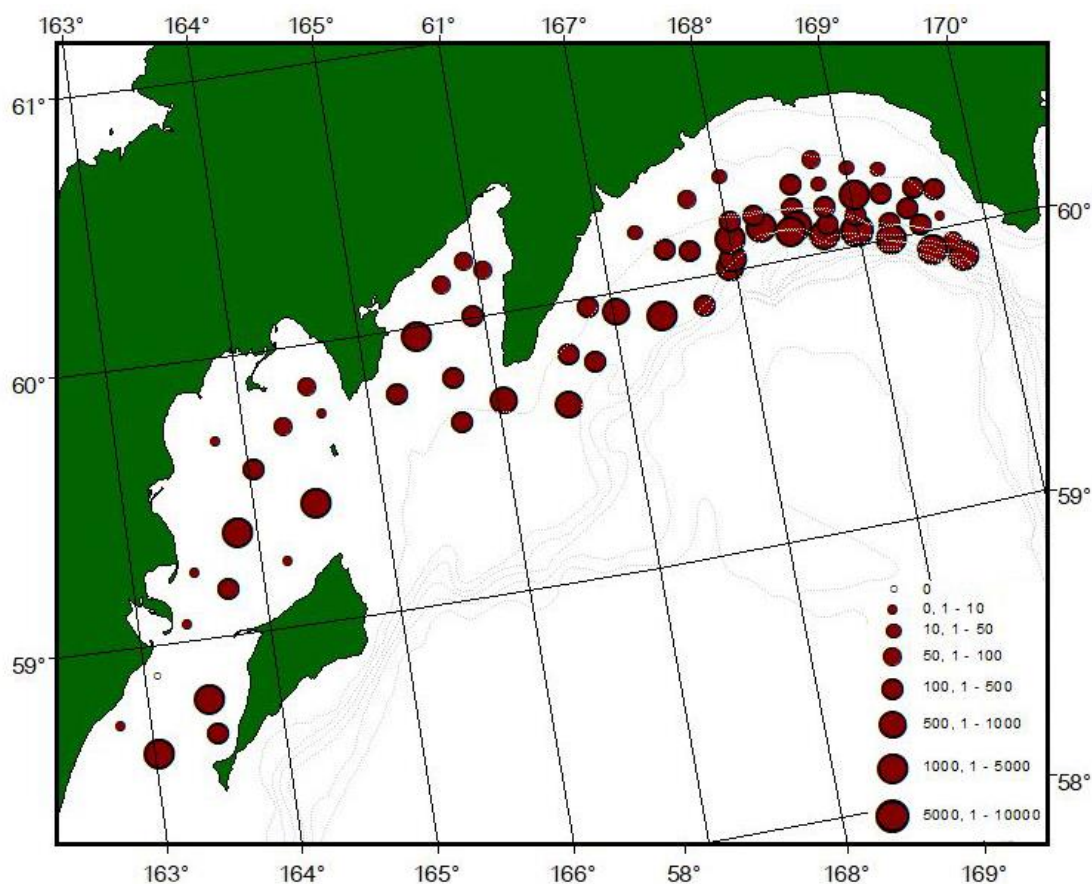


Рис. 32. Распределение уловов минтая на стандартном полигоне на единицу усилия (кг/час траления) в Карагинской подзоне, по результатам донной траловой съемки в августе–сентябре 2024 г.

Таблица 7

Межгодовая динамика средней плотности распределения, индексов общей численности и биомассы ($K_u=1$) минтая на стандартном полигоне в Карагинской подзоне, по результатам донных траловых съемок

Год	Средняя плотность		Индекс общей численности, млн экз.	Индекс общей биомассы, тыс. т
	тыс. экз./км ²	т/км ²		
2012	11,181	4,364	300,85	117,433
2013	—	—	—	—
2014	—	—	—	—
2015	—	—	—	—
2016	10,924	2,728	293,936	73,391
2017	—	—	—	—
2018	—	—	—	—
2019	39,642	20,426	1066,618	549,593
2020	104,484	14,040	2811,322	377,779
2021	—	—	—	—
2022	—	—	—	—
2023	—	—	—	—
2024	14,667	7,959	394,642	214,143

Как уже говорилось выше, донные траловые съемки ориентированы, прежде всего, на оценку запасов донных видов рыб (камбал, трески, наваги и

др.) и промысловых беспозвоночных (крабов), обитающих либо непосредственно на дне, либо в придонном слое высотой до 1 м. Именно поэтому в расчетах вертикальное раскрытие принимается равным 1 м, тогда как на самом деле оно в несколько раз больше (4–6 м). Минтай также учитывается во время донных съемок. По литературным данным [Шунтов и др., 1993], в пелагиали, как правило, обитает молодь этого вида, а средне- и крупноразмерные особи больше тяготеют к придонным слоям воды. Судя по эхозаписям, высота придонного слоя, в котором обитает минтай, может достигать 5–10 м. Учитывая вышеизложенное, с одной стороны, полученные только по донным съемкам оценки ресурсов минтая характеризуют лишь часть запаса, поэтому, они заведомо занижены. С другой стороны, напротив, результаты донных траловых съемок по описанным выше причинам, в отношении пелагических видов рыб (минтай, мойва, сельдь и др.) могут быть завышены, если в расчетах традиционно использовать вертикальное раскрытие, равное 1, поскольку фактически минтай обитает в придонном слое высотой до 10 м, а облавливается тралом в слое высотой до 4–6 м от дна. Поэтому, к абсолютным оценкам запаса следует относиться критически. По этой причине в модельных расчетах оценки биомассы в качестве индекса не используются.

Размерно-возрастной состав минтая по результатам донных траловых съемок на стандартном полигоне представлен на рисунке 33. Видно, что в 2020 и 2021 гг. в уловах абсолютно доминировали сеголетки этого вида (40,6 и 36,2%, соответственно). Рыбы генерации 2020 г. имели повышенную долю и в 2024 г., а доминировали 2-летние особи поколения 2023 г.

По модельным оценкам, на начало 2024 г. общий запас западноберингоморского минтая составил 803,8 тыс. т, нерестовый — 433,8 тыс. т, а промысловый — 532,2 тыс. т (рис. 34–35). После депрессивного состояния запаса в 1990-х – начале 2000-х гг., вследствие введения запрета в 2002–2006 гг. на специализированный промысел минтая в Карагинской подзоне, ресурсы этой популяции возросли. Рост запаса подтверждался как результатами прямых учетов, так и расчетами в рамках теории рыболовства. Однако увеличение запаса было кратковременным. Темпы снижения запасов минтая после 2007 г. оказались более высокими, чем считалось ранее, что связано с отсутствием в последние годы урожайных поколений (рис. 35), а также, очевидно, повышенным прессом промысла. Из-за систематического перелова ОДУ в 2007–2015 гг. коэффициент промысловой смертности превышал целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} (рис. 36).

После 2016 г. вылов минтая в Западно-Берингоморской зоне к западу от 174° в.д. заметно снизился, промысловая смертность была ниже целевого ориентира. Результаты моделирования показывают, что с 2016–2017 гг. продолжается стабильный рост запасов западноберингоморского минтая.

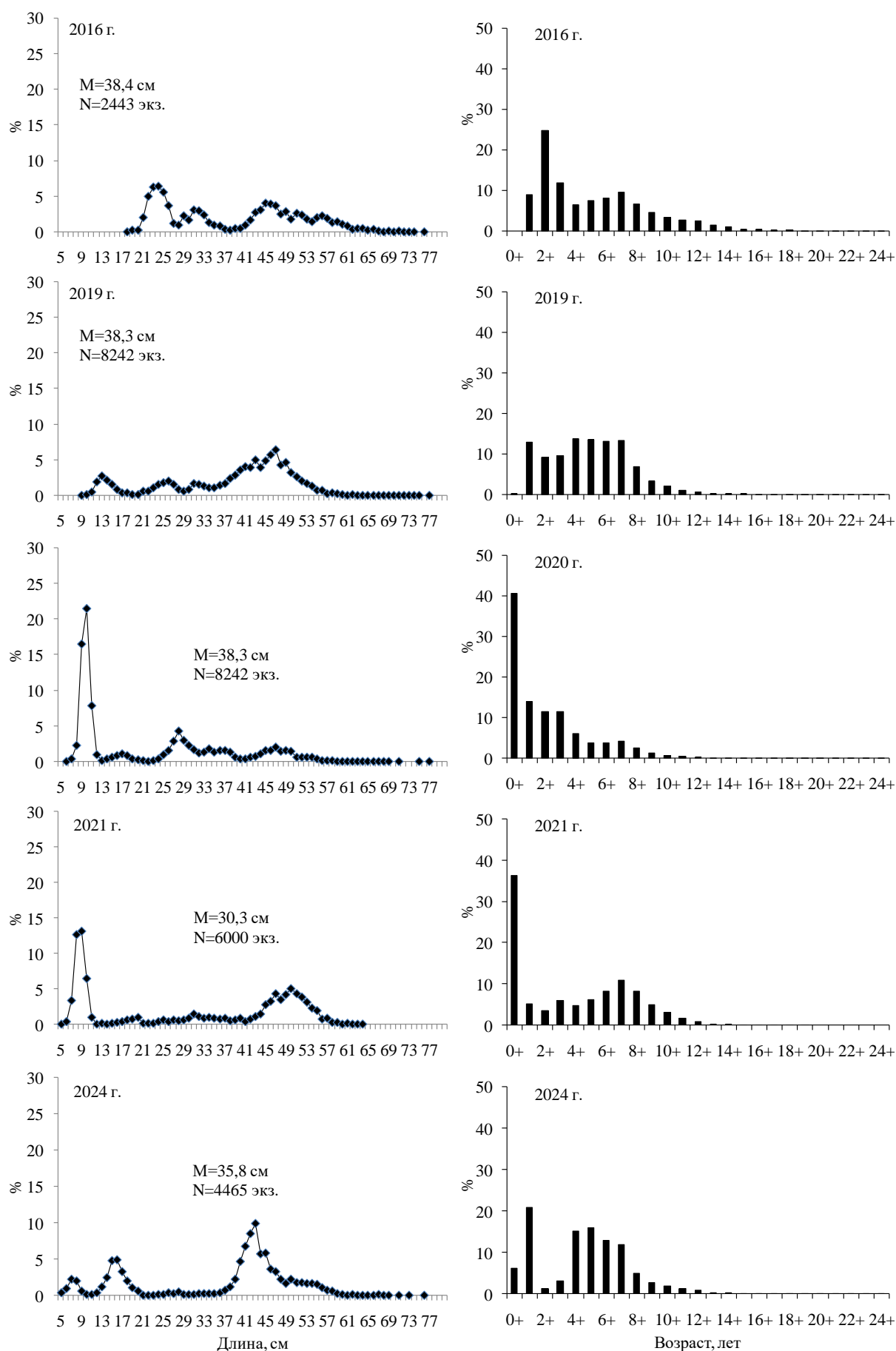


Рис. 33. Размерный и возрастной состав западноберинговоморского минтая по данным донных траловых съёмок в Карагинской подзоне на стандартном полигоне

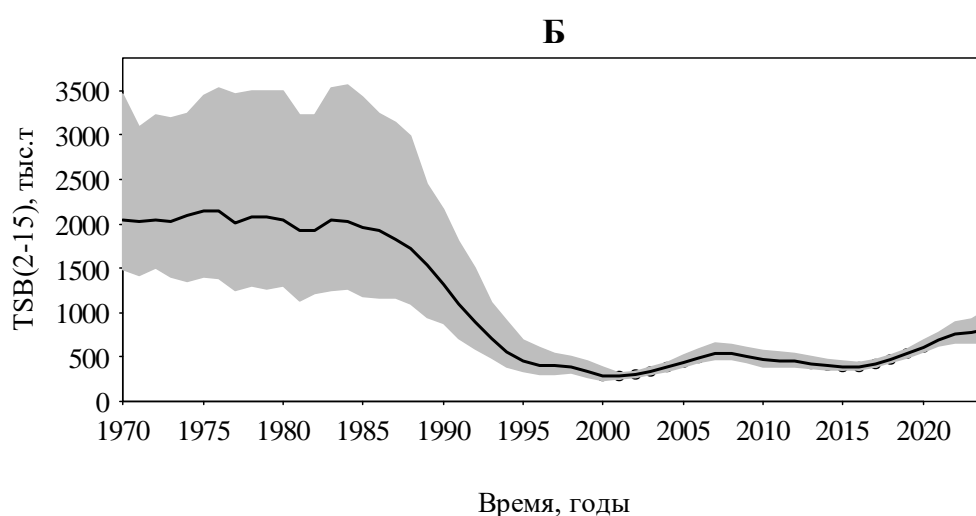
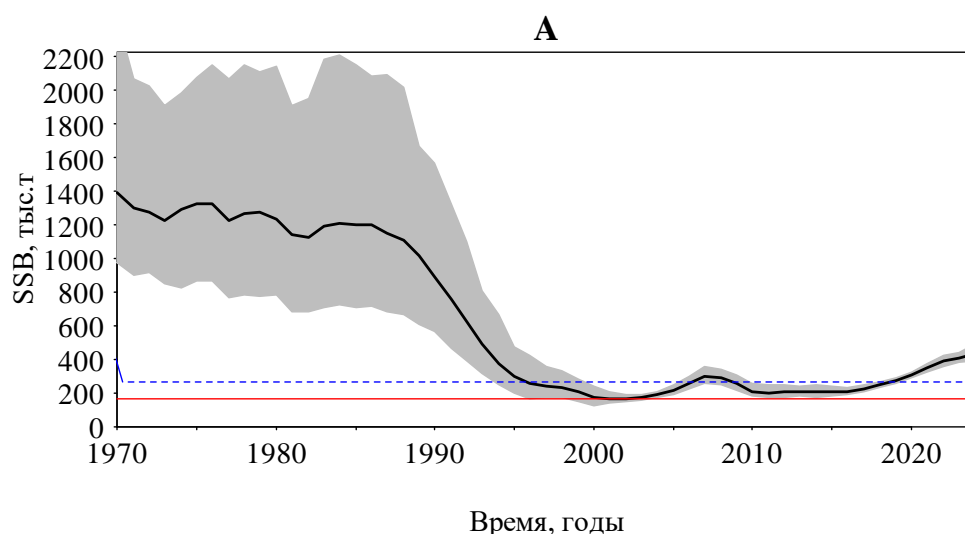
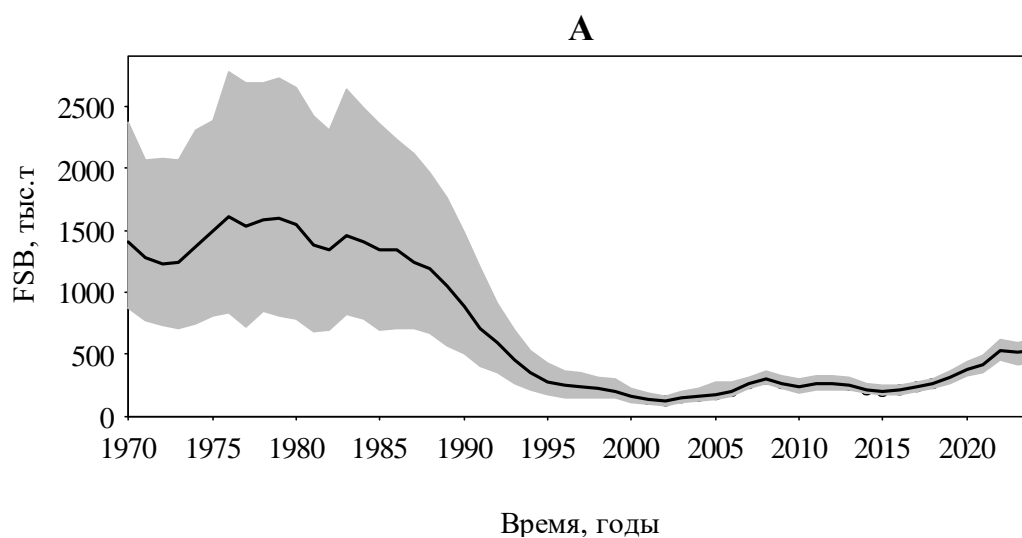


Рис. 34. Межгодовая динамика биомассы нерестового (SSB) (А) и общего (TSB) (Б) запаса западноберинговоморского минтая (серым цветом выделены 90% доверительные границы; синий пунктир- целевой ориентир по нерестовой биомассе, красная линия - граничный ориентир по нерестовой биомассе)



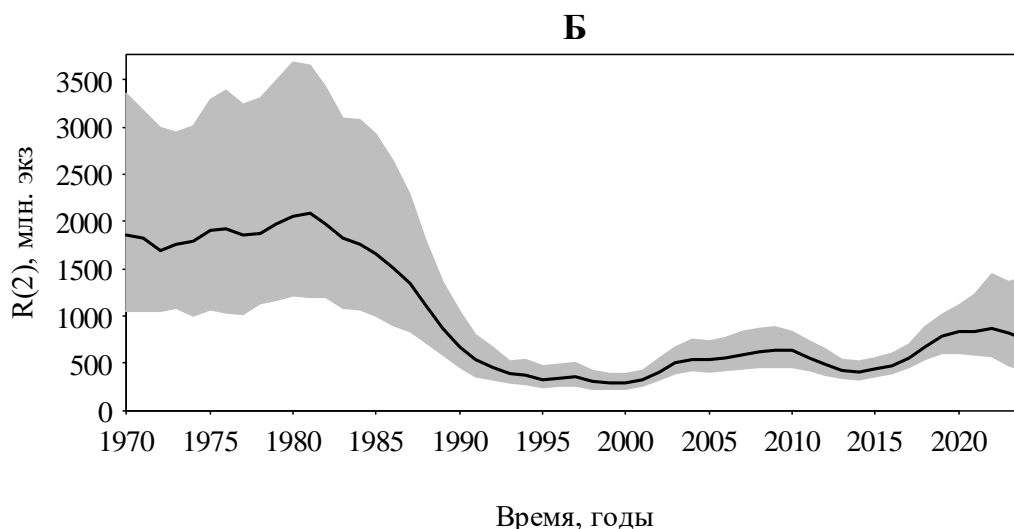


Рис. 35. Межгодовая динамика биомассы промыслового запаса (FSB) (А) и численности пополнения ($R(2)$) (Б) западноберингоморского минтая. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок.

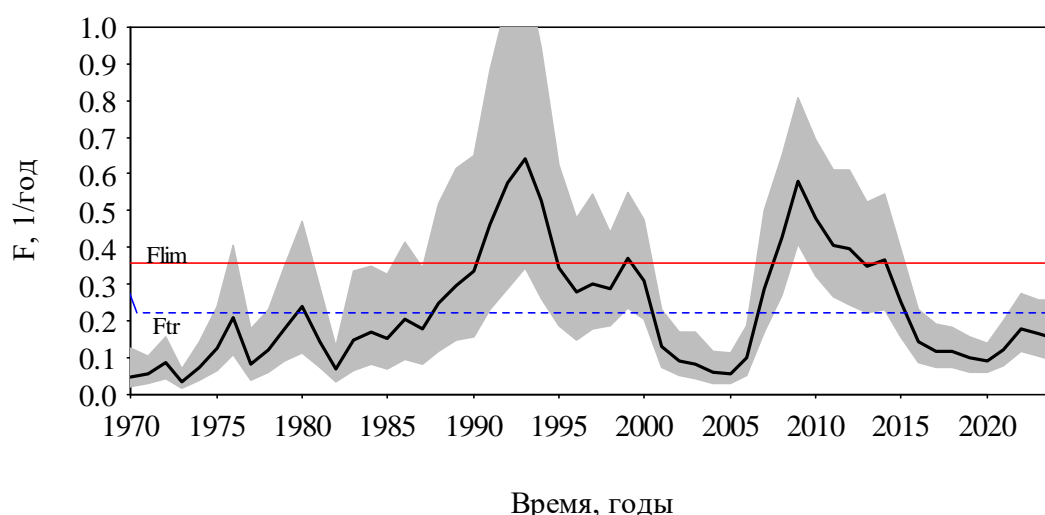


Рис. 36. Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности селективно полностью облавливаемых возрастных групп западноберингоморского минтая

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности западноберингоморского минтая составила $0,315 \text{ год}^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,055. Уровень показателей неопределенности популяционных параметров (стандартные ошибки, доверительные интервалы оценок) был определен по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло.

Межгодовая динамика модельных и наблюдаемых индексов запаса западноберингоморского минтая представлена на рисунке 37. В модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюдаемых значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности

распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих отклонений осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для представленных индексов запаса на уровне значимости $p < 0,05$ не было оснований отвергнуть эти гипотезы.

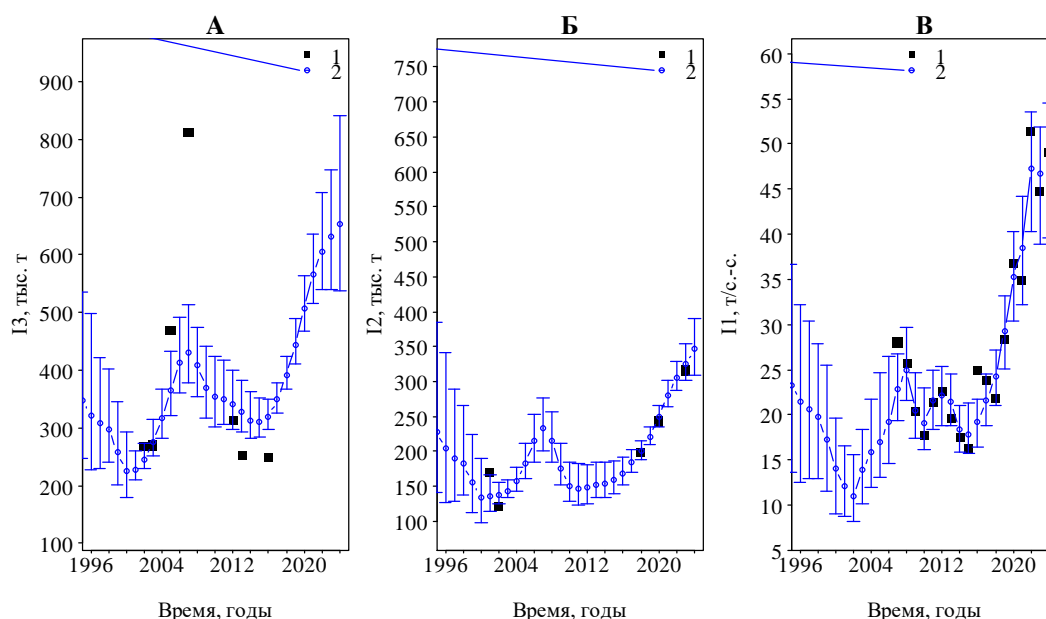


Рис. 37. Межгодовая динамика модельных (2) и наблюдаемых (1) индексов запаса минтая - общий запас по траловым съемкам (А), нерестовый запас по ихтиопланктонным съемкам (Б), улов на усилие (В)

Динамика модельных коэффициентов селективности представлена на рисунке 38.

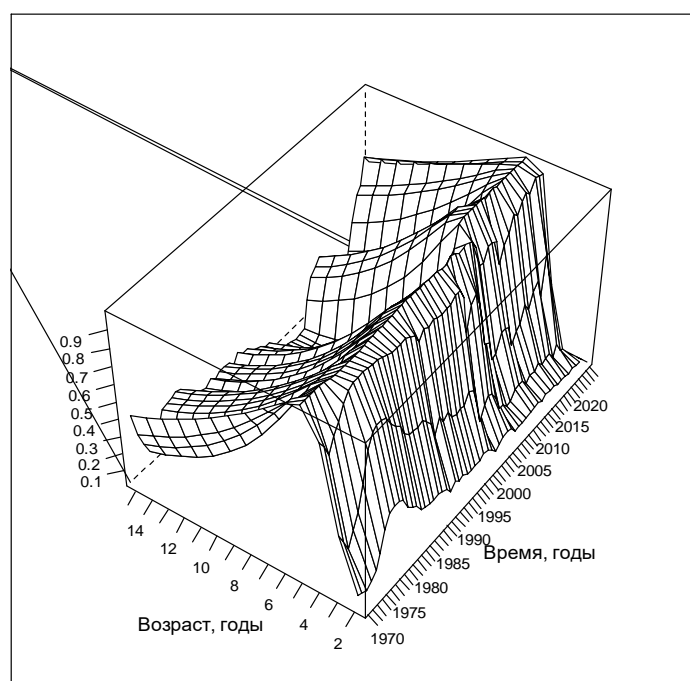


Рис. 38. Возрастные коэффициенты селективности

Промысел. Начало отечественного промысла минтая в западной части Берингова моря приходится на 1960-е гг., а специализированный экспедиционный лов этого вида советскими судами был организован в 1970 г. В границах Карагинской подзоны в первые годы становления минтаевого промысла (1970–1978 гг.) вылов варьировал от 3,0 до 42,6 тыс. т (рис. 39). Начиная с 1978 г., промысел вида в западной части Берингова моря из преимущественно летнего стал круглогодичным. Развивалась добыча зимующего минтая в Карагинском и Олюторском заливах. С 1981 г. с целью сохранения ресурсов западноберингоморского минтая было введено правило обязательного установления лимита вылова.

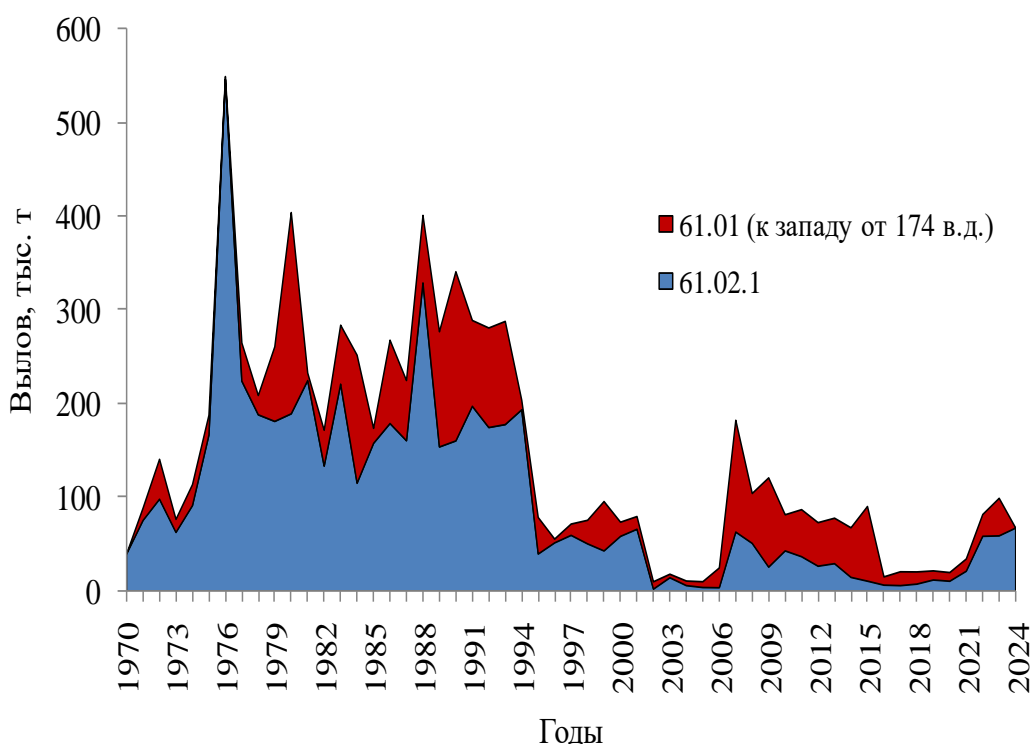


Рис. 39. Межгодовая динамика вылова минтая в юго-западной части Берингова моря

В 1981–1993 гг. величина улова значительно менялась, ежегодно добывалось 8,0–180,4 тыс. т. После этого наступил период небольших уловов со среднегодовой величиной вылова в 21,5 тыс. т (от 4,1 до 52,7 тыс. т). В 2002–2006 гг. в связи с резким снижением ресурсов западноберингоморского минтая был введен запрет на его специализированный траловый промысел. Минтай добывали в качестве прилова при снюрреводном промысле в объеме от 4,1 до 7,9 тыс. т. В первый же год возобновления спецпромысла минтая в Карагинской подзоне (2007 г.) общий вылов вида составил 63,5 тыс. т. Впоследствии, из-за уменьшения ресурсов рыб данной популяции, вылов снижался, достигнув минимума в 2017 г., когда было добыто около 6,3 тыс. т, затем он стал увеличиваться, достигнув в 2022–2023 гг. почти 60,0 тыс. т (табл. 8). В 2024 г. в подзоне добыто 67,7 тыс. т (97,5% ОДУ).

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ западноберингоморского минтая

Год	Карагинская подзона			Западно-Берингоморская зона (к западу от 174° в.д.)			Вся популяция			
	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %	Перелов, тыс. т
2015	11,5	11,115	96,7	0	79,600	-	11,5	90,715	788,8	79,215
2016	7,4	6,87	92,8	0	8,819	-	7,4	15,689	212,0	8,289
2017	6,8	6,344	93,3	0	14,768	-	6,8	21,112	310,5	14,312
2018	8,9	7,969	89,5	1,8	13,000	722,2	10,7	20,969	196,0	10,269
2019	12,6	12,345	98,0	1,3	9,731	748,5	13,9	22,076	158,8	8,176
2020	13,7	11,049	80,6	1,2	9,260	771,7	14,9	20,309	136,3	5,409
2021	22,5	21,677	96,3	1,1	13,081	1189,2	23,6	34,758	147,3	11,158
2022	60,7	58,935	97,1	1,4	23,218	1658,4	62,1	82,153	132,3	20,053
2023	60,7	59,408	97,9	1,4	29,321	2094,4	62,1	88,729	142,9	26,629
2024	69,4	67,686	97,5	0	24,781	-	69,4	92,467	133,2	23,067

В районе, расположенном между 170° и 174° в.д. в пределах Западно-Берингоморской зоны, в 1971–1975 гг. вылов изменялся от 63,1 до 166,9 тыс. т, составив в среднем 99,2 тыс. т (рис. 39). В следующем, 1976 г., достигнут рекордный вылов в 546 тыс. т. Период с 1977 по 1994 гг. характеризовался средними уловами (около 186,9 тыс. т) при межгодовых изменениях в диапазоне 115,4–329,1 тыс. т. Начиная с 1995 г. по 2001 г., уловы значительно упали и изменялись от 40,0 тыс. т до 66,4 тыс. т. В 2002–2006 гг., годы запрета специализированного промысла, в этом районе добывали в качестве прилова 2,3–21,1 тыс. т минтая. Значительный рост вылова пришелся на год открытия специализированного промысла западноберингоморского минтая в 2007 г., когда было добыто 119,2 тыс. т. Далее, как и в Карагинской подзоне, общий вылов снижался в связи с ухудшением запасов, и в 2011–2014 гг. стабилизировался на уровне 46–53 тыс. т, однако, в 2015 г. вылов достиг 79,6 тыс. т. Впоследствии, в связи с введением запрета специализированного промысла минтая в этом промысловом районе, вылов снизился. В 2018–2022 гг. он изменялся от 9,3 до 23,2 тыс. т, составляя в среднем 13,7 тыс. т (табл. 8).

Таким образом, уже на протяжении многих десятилетий западноберингоморский минтай является важнейшим объектом промысла. Период высоких уловов в 1970–1990-х гг. с максимальным выловом около 550 тыс. т, а средним - около 280 тыс. т, затем сменился периодом относительно невысоких объемов добычи с максимумом около 180 тыс. т и средним значением - порядка 70 тыс. т. В 2015–2024 гг. вылов минтая западноберингоморской популяции варьировал от 15,7 до 99,4 тыс. т, составляя в среднем 47,5 тыс. т (табл. 8).

В 1980-х гг. в соответствии с действовавшими тогда правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (далее - Правила рыболовства), промысловая отчетность, в основном, велась отдельно для двух подрайонов, расположенных к западу и востоку от 174° в.д. Однако в Правилами рыболовства, вступившими в силу в 1989 г., разделение Западно-Беринговоморской зоны на подрайоны было упразднено. В связи с упразднением «линии разделения» минтая двух разных группировок освоение объемов общего допустимого улова западноберинговоморского минтая в Западно-Беринговоморской зоне с тех пор не контролируется, вылов минтая здесь входит в счет общей квоты вида в Западно-Беринговоморской зоне. В результате, рекомендованная величина изъятия минтая западноберинговоморской популяции в Западно-Беринговоморской зоне систематически перелавливается (табл. 8). В 2014–2015 гг. в этом районе, несмотря на то, что промысел здесь не рекомендовался, добыто 52,9 и 79,6 тыс. т к западу и востоку от 174° в.д., соответственно. В 2016 г., по инициативе «КамчатНИРО», Правилами рыболовства (п. 28.1) был введен запрет на специализированный промысел минтая на акватории западнее 174° в.д. Несмотря на это, в 2016–2023 гг. в данном районе вылов минтая на разных видах промысла варьировал от 8,8 до 40,0 тыс. т. В результате, ОДУ для всей западноберинговоморской популяции минтая перелавливался.

Ресурсы этой популяции минтая в современных условиях активно эксплуатируются на двух типах промысла: траловом и снюрреводном. Для специализированного промысла используется разноглубинный трал. В среднем за последние 10 лет в Карагинской подзоне вклад этого вида промысла в общегодовой вылов минтая составил 60,3%, а в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. — 83,7% (рис. 40). При снюрреводном способе лова минтай составляет значимую долю многовидовых уловов либо ведется его специализированный лов. Основной район, где этот вид добывают снюрреводами, приурочен к Карагинскому заливу и восточной части Олюторского залива. В Карагинской подзоне в последние 10 лет вклад этого вида промысла в среднем составлял 31,5%, а в Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. – 3,7%. Обращает на себя внимание, что в обоих районах на фоне снижения вклада в общий вылов минтая снюрреводами после 2019 г. увеличился вклад донными тралами. Этим орудием лова минтай активно добывают в качестве прилова при промысле донных видов рыб, прежде всего камбал и терпуга, и кальмаров.

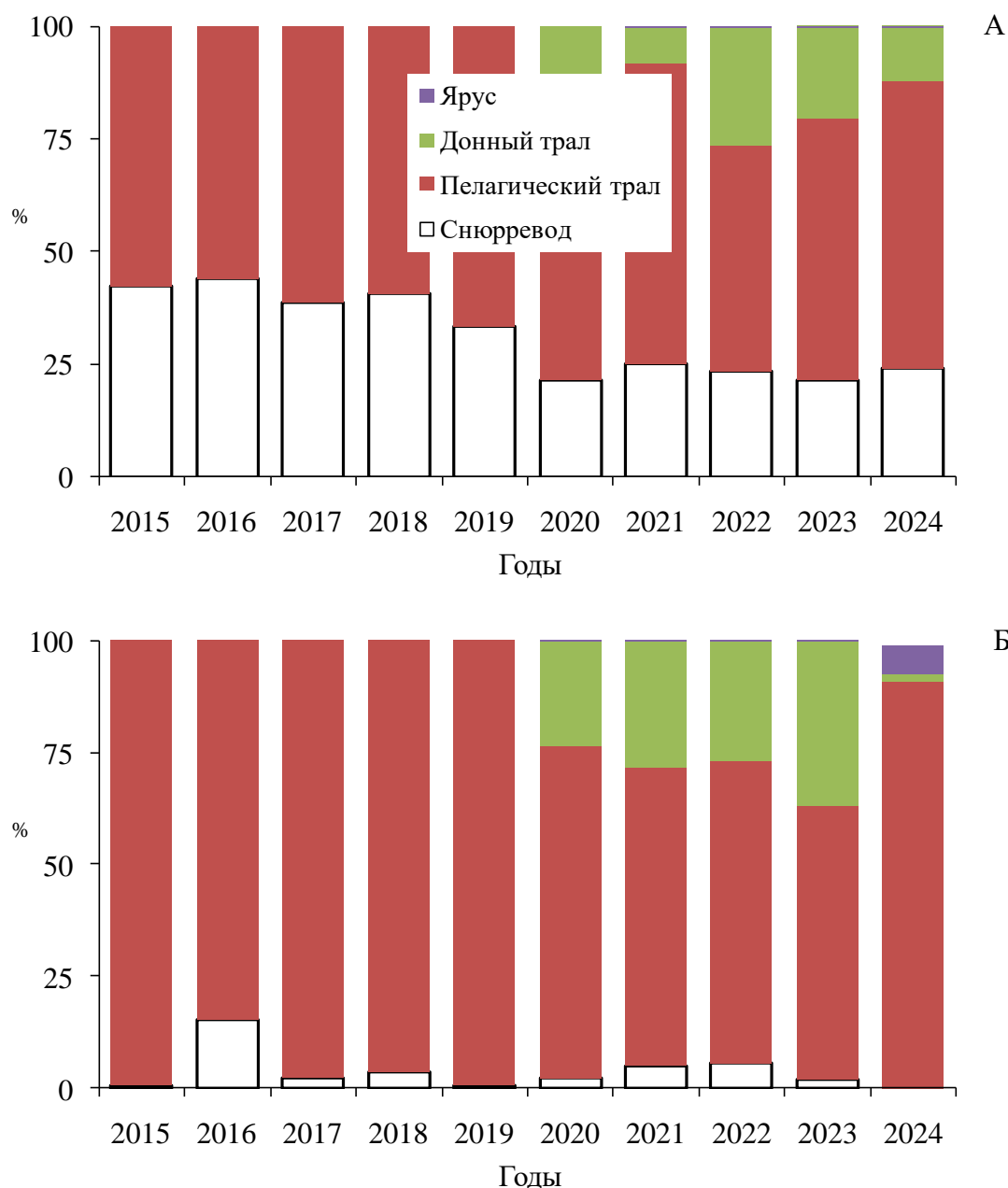


Рис. 40. Межгодовая динамика соотношения вылова минтая разными орудиями лова в Карагинской подзоне (А) и Западно-Беринговоморской зоне к западу от 174° в.д. (Б)

Как и в других районах промысла минтая, добыча вида в западной части Берингова моря имеет выраженный сезонный характер, связанный как с особенностями биологии, распределения объекта в течение года, действующими Правилами рыболовства, так и, во многом, с экономическими причинами, и, в частности, рентабельностью лова. Согласно п. 28.1 Правил рыболовства, запрещается специализированная добыча вида в Западно-Беринговоморской зоне на акватории к западу от 174° в.д. — в течение всего года, а в Карагинской подзоне — с начала массового нереста, но не позднее, чем с 1 марта по 15 мая.

В 2024 г. в Карагинской подзоне основные объемы вылова минтая разноглубинными и донными тралями освоены в январе-феврале и октябре-декабре, а снюрреводами — мае-ноябре (рис. 41).

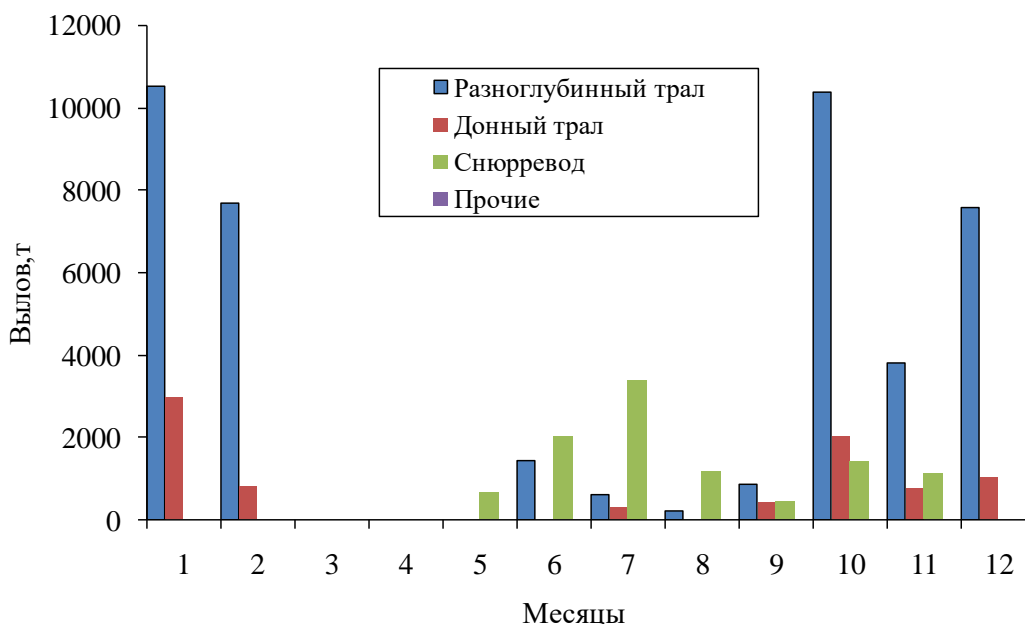


Рис. 41. Сезонная динамика вылова минтая разными орудиями лова в Карагинской подзоне в 2024 г.

В Карагинской подзоне в последние 10 лет средние уловы на усилие судов типа БАТМ, обеспечивавших наибольший вклад в общий вылов минтая разноглубинными тралями, после минимума в 2015 г. неуклонно возрастали и в 2022 г. достигли максимальных показателей (табл. 9). В 2023–2024 гг. они несколько снизились, но оставались на высоком уровне. У судов типа СТР-420 уловы на судосутки и на замет после 2015 г. снижались, а в 2017–2019 гг. увеличивались. Затем, в 2020 г., результативность промысла резко снизилась. Это связано с тем, что в этот год фактически не велся специализированный промысел минтая, а его добывали только в качестве прилова на других видах лова. Кроме того, вклад судов типа СТР-420 в общий вылов минтая снюрреводами в 2019–2020 гг. заметно снизился. В 2021–2024 гг. уловы на усилие были на высоком уровне.

Таким образом, в последние 4 года результативность промысла западноберинговоморского минтая заметно возросла, возобновился специализированный лов этого вида, что косвенно свидетельствует о росте ресурсов этой популяции.

В марте 2024 г. в Карагинской подзоне в уловах донным тралом длина минтая изменялась от 14 до 65 см, а доминировали особи размерных групп 39–43 см (58,3%) (рис. 42). В сентябре–октябре в уловах снюрреводом встречались рыбы длиной 40–60 см, а превалировал крупный минтай размерных групп 46–54 см (81,0%). В ноябре–декабре в уловах

разноглубинным тралом отмечены особи длиной от 36 до 57 см, а основу составляли рыбы размерных групп 41–45 см (67,3%).

Таблица 9

Межгодовая динамика количества усилий и уловов на единицу усилия при ведении тралового и снюрреводного промысла западноберинговоморского минтая судами основных типов

Год	Вылов, т	Кол-во судосуток	Кол-во операций	Ср. улов на судосутки, т	Ср. улов на операцию, т
Карагинская подзона					
БАТМ (трал)					
2015	3658	93	225	39,3	16,3
2016	1888	33	76	57,2	24,8
2017	1258	20	53	62,9	23,7
2018	2203	42	101	52,5	21,8
2019	4626	62	163	74,6	28,4
2020	4661	53	127	87,9	36,7
2021	7714	84	221	91,8	34,9
2022	10840	83	211	130,6	51,4
2023	18563	147	415	126,3	44,7
2024	17054	147	348	116,0	49,0
СТР-420 (снюрревод)					
2015	1764	131	318	13,5	5,5
2016	1274	130	368	9,8	3,5
2017	876	88	242	10,0	3,6
2018	1107	120	353	9,2	3,1
2019	448	38	97	11,8	4,6
2020	332	101	220	3,3	1,5
2021	1687	102	239	16,5	7,1
2022	1859	183	456	10,2	4,1
2023	4088	273	588	15,0	7,0
2024	2390	163	325	14,7	7,4

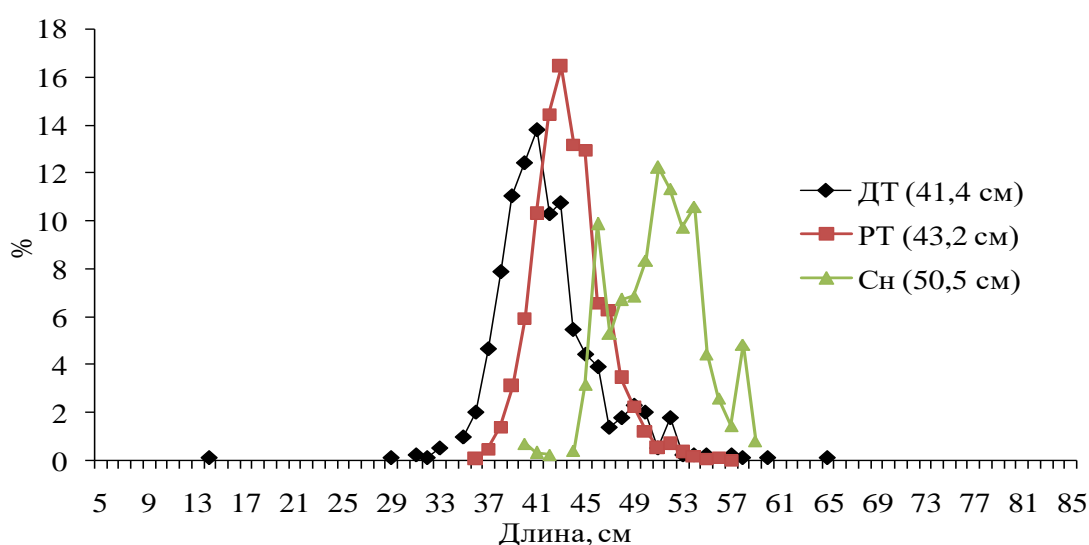


Рис. 42. Наблюдаемый размерный состав минтая в уловах разноглубинным и донными тралами, снюрреводом в Карагинской подзоне в 2024 г.

Итоговый размерный состав минтая в промысловых уловах в 2024 г. определяли взвешенно к вылову (в млн экз.) по полугодиям и основным орудиям лова (донные и разноглубинные тралы, снюрреводы). При этом из-за недостатка данных вынуждены были сделать ряд допущений:

— размерный состав в уловах донным тралом во втором полугодии приняли таким же, как в первом полугодии;

— размерный состав в уловах разноглубинным тралом и снюрреводом в первом полугодии приняли таким же, как во втором полугодии.

Таким образом, в 2024 г. в промысловых уловах длина западноберингоморского минтая изменялась от 14 до 65 см, а доминировали рыбы размерных групп 41–45 см (53,7%), возрастных — 4–7 лет (84,9%) с модой в возрастной группе 5 лет (25,3%) (рис. 43).

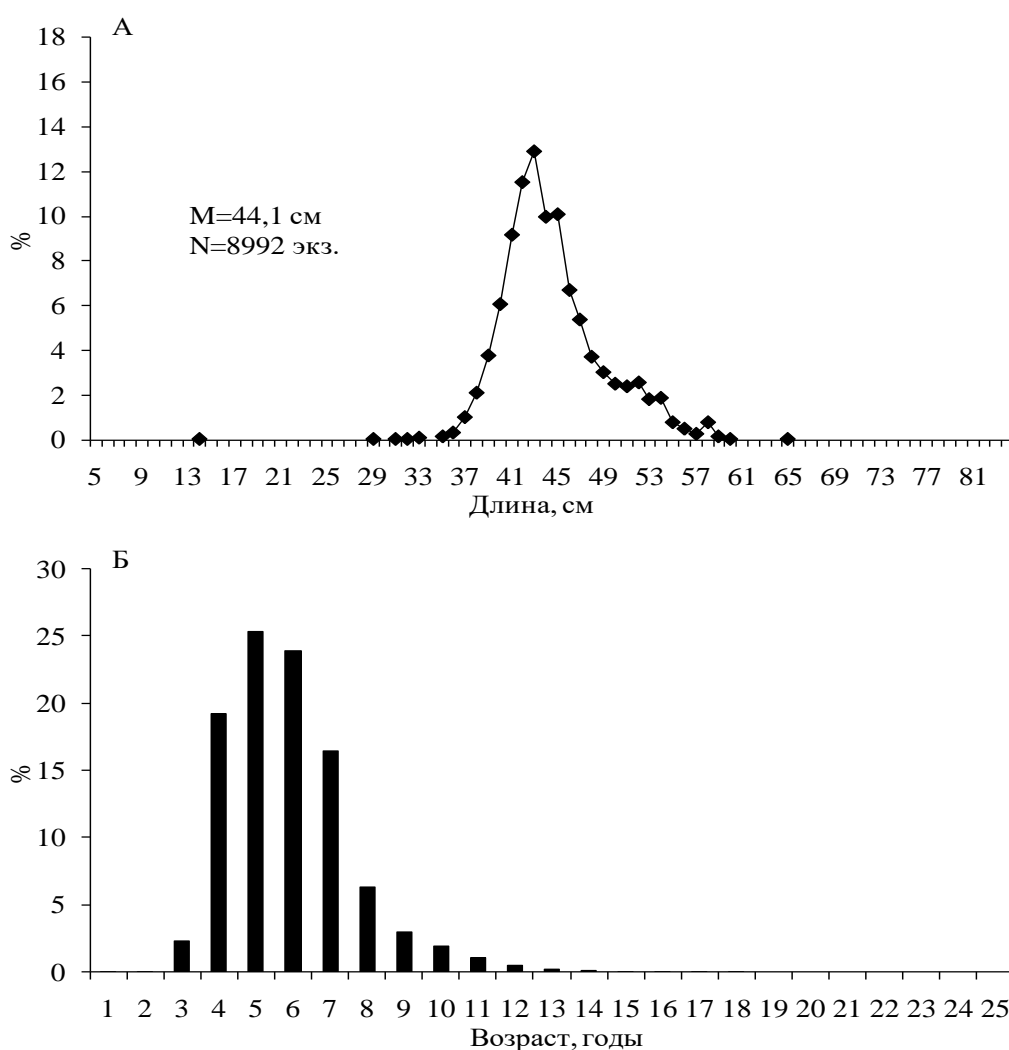


Рис. 43. Итоговый размерный (А) и возрастной (Б) состав западноберингоморского минтая в промысловых уловах в 2024 г.

Анализ размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах позволяет отнести поколения 2001-2002, 2006 гг. к числу урожайных за последние 20 лет, средним - генерации 2014–2017 гг. (рис. 44–45).

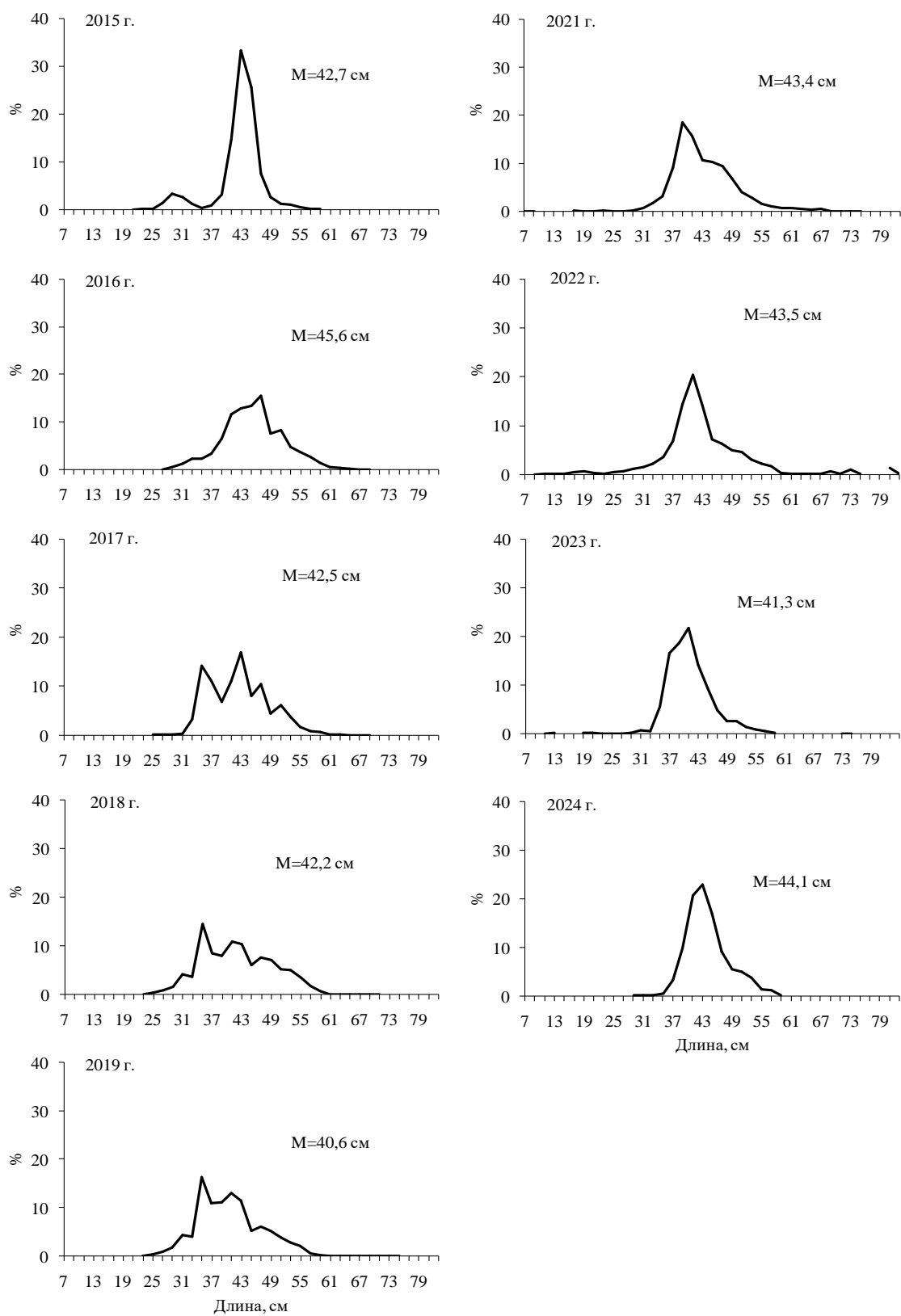


Рис. 44. Межгодовая динамика размерного состава западноберинговоморского минтая в промысловых уловах

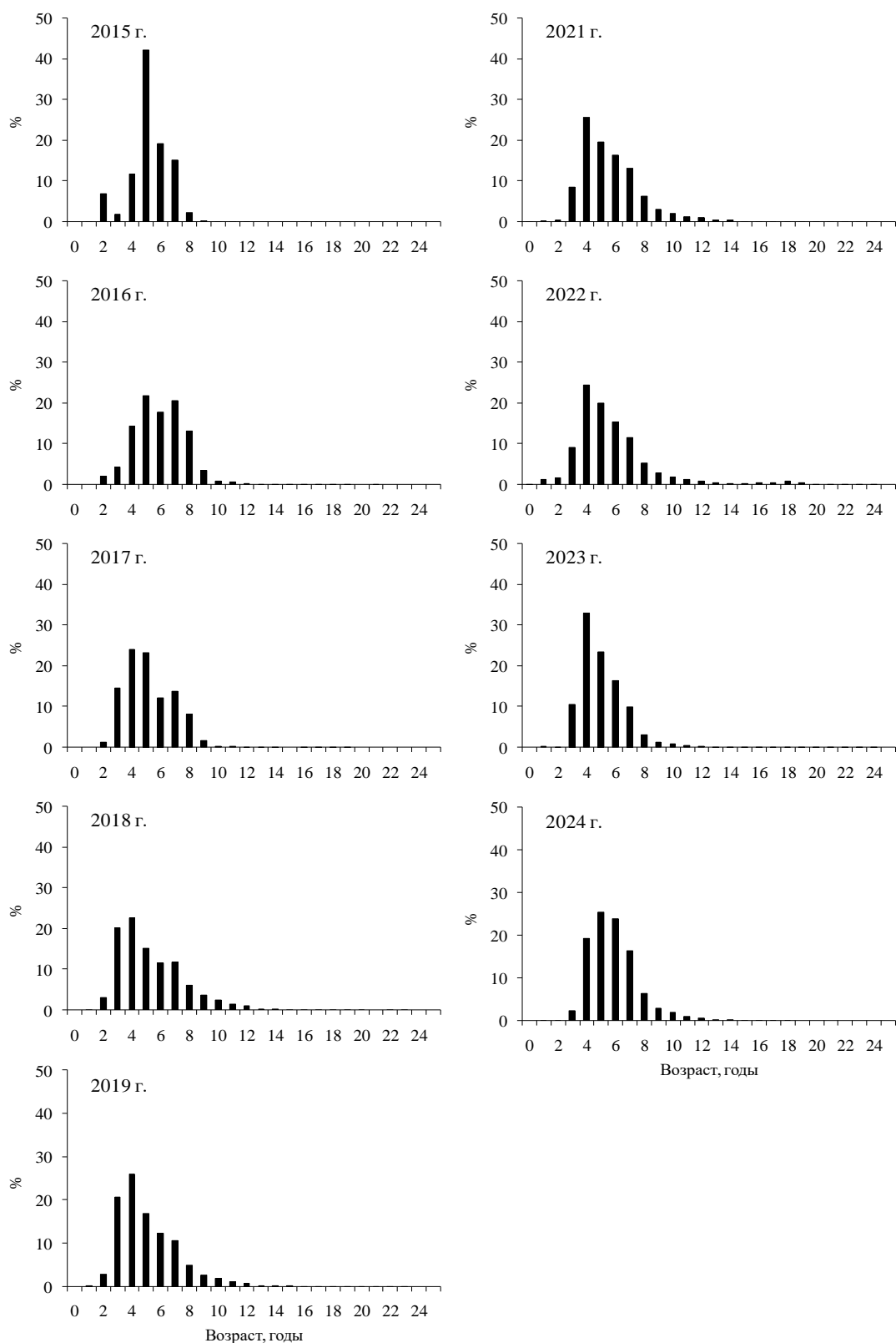


Рис. 45. Межгодовая динамика возрастного состава западноберинговоморского минтая в промысловых уловах

Очевидно, к средним можно также отнести и поколение 2019 г., рыбы которого доминировали в промысловых уловах в 2023–2024 гг., а также 2020 г., которое в терминальном году по частоте встречаемости в промысловых уловах было на третьем месте.

Определение биологических ориентиров

С переходом в 2022 г. на когортную модель в пространстве состояний ориентиры управления для западноберинговоморского минтая были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса за последние 30 лет. В настоящем обосновании они не изменились.

В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано медианное значение F_{msy} , т.е. $F_{tr}=0,222 \text{ год}^{-1}$.

Граничный ориентир промысловой смертности определили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: $F_{lim}=0,358 \text{ год}^{-1}$. Величину F_0 приняли равной 0 год^{-1} .

Граничный ориентир по биомассе приняли равным медиане минимального значения нерестовой биомассы за моделируемый период: $B_{lim}=163,8 \text{ тыс. т.}$ Указанное значение вполне может быть принято в качестве граничного ориентира, т.к. запас западноберинговоморского минтая уже находился на этом уровне в 2001-2002 гг. и при этом не потерял способности к расширенному воспроизводству.

В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее целевому ориентиру по промысловой смертности на кривой равновесной биомассы: $B_{tr}=SSB(F_{tr})=262,5 \text{ тыс. т.}$

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (далее - ПРП) западноберинговоморского минтая, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью F_{tr} . Схема ПРП представлена на рисунке 46.

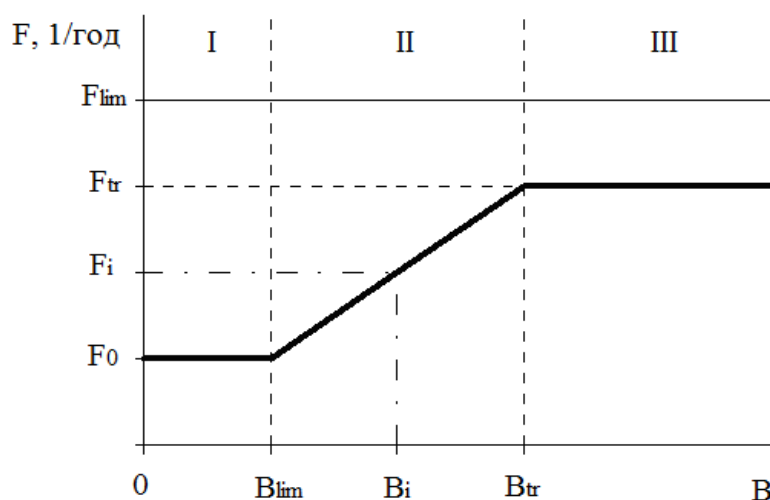


Рис. 46. Схема ПРП западноберинговоморского минтая

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0, \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса западноберингоморского минтая и величины ОДУ на 2026 г.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам, что и в ретроспективе. Коэффициенты селективности по возрастам принимали равными средним за последние 10 лет значениям. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. соответствует величине ОДУ, равной 74,5 тыс. т.

В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет величину. Её оценка в 2025–2026 гг. составит 704,9 млн экз.

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляли с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций ($n=1000$) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы, по результатам вероятностного прогноза, представлены в таблице 10, а детерминистские оценки численности и биомассы общего и нерестового запаса — в таблице 11.

Таблица 10

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) западноберингоморского минтая в 2025–2026 гг.

Параметр	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
SSB(2025), тыс. т	376,5	392,1	429,8	464,5	496,5	555,2	583,7	466,2	51,2
SSB(2026), тыс. т	353,8	371,3	428,9	476,6	530,0	631,9	695,2	486,0	81,5
C(2026), тыс. т	64,9	67,6	81,6	92,5	106,5	134,9	144,2	95,1	20,0

При сделанных выше предположениях о величине пополнения, согласно вероятностному прогнозу в ближайшие 2 года ожидается постепенное увеличение ресурсов западноберингоморского минтая. На начало 2025 г. медианная оценка нерестового запаса составит 464,5 тыс. т, а начало 2026 г. — 476,6 тыс. т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2025–2026 гг. ниже целевого ориентира по биомассе равна 0%.

Таблица 11

Детерминистские оценки численности и биомассы западноберинговоморского минтая в возрасте 2 года и старше в 2024–2026 гг.

	Возраст рыб, лет														Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Численность на начало года, млн экз.	753,46	600,89	459,32	294,42	178,88	108,04	61,41	33,84	19,50	11,25	6,92	4,54	3,24	2,23	2537,94
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,729	0,726	0,690	0,632	0,628	0,632	0,636	0,641	0,645	0,649	0,653	0,656	0,660	0,660	
Средняя масса рыб, кг	0,063	0,163	0,302	0,469	0,653	0,838	1,017	1,187	1,337	1,476	1,608	1,711	1,811	1,894	
Биомасса на начало года, тыс. т	47,47	97,94	138,72	138,08	116,81	90,54	62,45	40,16	26,07	16,60	11,12	7,77	5,87	4,22	803,82
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,67	25,38	68,21	87,14	80,22	59,33	40,16	26,07	16,60	11,12	7,77	5,87	4,22	433,76
2025															
Численность на начало года, млн экз.	704,85	549,51	436,30	316,75	186,04	112,29	68,28	39,09	21,68	12,58	7,30	4,51	2,98	2,14	2464,30
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,003	0,015	0,073	0,157	0,175	0,158	0,137	0,120	0,107	0,096	0,086	0,079	0,072	0,066	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,727	0,718	0,678	0,624	0,613	0,623	0,636	0,647	0,656	0,663	0,669	0,674	0,679	0,679	
Средняя масса рыб, кг	0,063	0,163	0,302	0,469	0,653	0,838	1,017	1,187	1,337	1,476	1,608	1,711	1,811	1,894	
Биомасса на начало года, тыс. т	44,41	89,57	131,76	148,55	121,48	94,10	69,44	46,39	28,99	18,56	11,74	7,72	5,40	4,05	822,16
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,52	24,11	73,39	90,63	83,37	65,97	46,39	28,99	18,56	11,74	7,72	5,40	4,05	461,84
2026															
Численность на начало года, млн экз.	704,85	512,75	394,80	295,77	197,57	113,97	69,96	43,41	25,28	14,22	8,34	4,88	3,04	2,02	2390,86
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,004	0,019	0,093	0,198	0,221	0,200	0,174	0,152	0,135	0,121	0,109	0,099	0,091	0,084	
Средняя масса рыб, кг	0,063	0,163	0,302	0,469	0,653	0,838	1,017	1,187	1,337	1,476	1,608	1,711	1,811	1,894	
Биомасса на начало года, тыс. т	44,41	83,58	119,23	138,72	129,01	95,51	71,15	51,53	33,80	20,98	13,41	8,36	5,51	3,83	819,03
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,42	21,82	68,53	96,24	84,62	67,59	51,53	33,80	20,98	13,41	8,36	5,51	3,83	477,64
ОДУ, тыс. т	0,14	1,37	9,08	21,48	22,05	14,89	9,78	6,26	3,67	2,05	1,19	0,68	0,41	0,26	92,50

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Полученное медианное значение нерестовой биомассы минтая на начало 2026 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III действующего ПРП на рис. 46). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит $0,222 \text{ год}^{-1}$.

На каждой реализации метода Монте-Карло величину вылова на прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=i_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \quad [\text{Бабаян, 2000}], \text{ где:}$$

s_j - возрастные коэффициенты селективности,

w_j - масса особей,

M_j - МКЕС,

$N_{i,j}$ - численность j-ой возрастной группы,

F_{reqi} - рекомендуемое значение интенсивности промысла в i-й прогнозный год.

Статистические характеристики распределения вылова представлены в таблице 10. Полагаем, что вылов западноберингоморского минтая в 2026 г. может составить 92,5 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ минтая в Карагинской подзоне в 2026 г. составит 92,500 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным элементом диагностики избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет), при средней за последние 5 лет величине пополнения и рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 47, при сделанных предположениях относительно пополнения, соблюдении ПРП и в отсутствие перелова ОДУ, запас западноберингоморского минтая с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы.

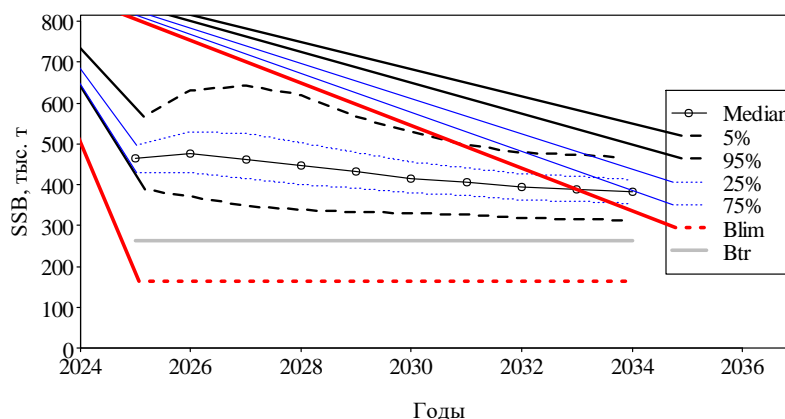


Рис. 47. Модельная динамика биомассы нерестового запаса западноберингоморского минтая при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Если эти вероятности меньше $\alpha = 0,1$ [Бабаян, 2000], то нет оснований отказаться от стратегии управления. Проведенный риск-анализ показал, что при сделанных предположениях относительно пополнения, соблюдении ПРП и в отсутствие перелова ОДУ риски перелова по пополнению и по росту при рекомендуемой величине ОДУ западноберингоморского минтая, равной 92,5 тыс. т, не превышают уровня $\alpha = 0,1$ (рис. 48). На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований отвергнуть представленное ПРП и стратегию управления.

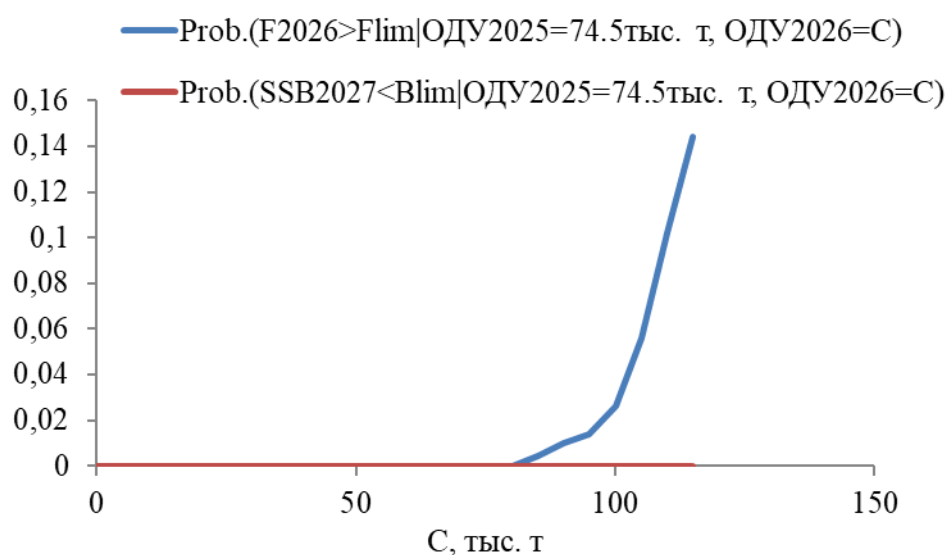


Рис. 48. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для западноберингоморского минтая

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2014 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 49.

Принимая во внимание действующий круглогодично запрет на специализированный промысел минтая в Западно-Берингоморской зоне на акватории к западу от 174 в.д., рекомендуется весь обоснованный вылов освоить в Карагинской подзоне.

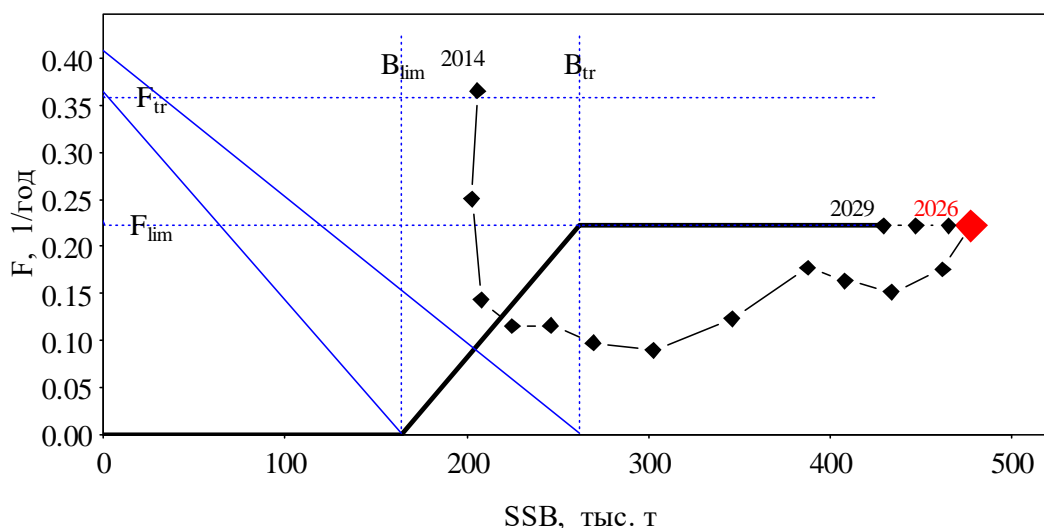


Рис. 49. Реализация правила регулирования промысла западноберинговоморского минтая в 2014–2029 гг.

61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона

61.03 - Зона Северо-Курильская

Исполнители: А.И. Варкентин, О.И. Ильин, Д.Я. Саушкина («КамчатНИРО»), И.Н. Мухаметов («СахНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки текущего и перспективного состояния запасов минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне, обоснования ОДУ на 2026 г. положены следующие материалы:

— сведения, собранные сотрудниками «КамчатНИРО» и ФГБНУ «ВНИРО» в Петропавловско-Командорской подзоне из уловов донным тралом на СРТМ «Геркулес» и СРТМ «Камлайн» в январе–апреле 2024 г. (количество проанализированных промысловых операций — 88, массовых промеров (МП) минтая — 3168 экз., полных биологических анализов (ПБА) — 30 экз.);

— данные, собранные сотрудниками «КамчатНИРО» в Петропавловско-Командорской подзоне из уловов снюрреводом на рыбоперерабатывающем заводе ООО «Камчаттралфлот» в январе–марте и сентябре–декабре 2024 г. (количество операций — 36, МП минтая — 5801 экз., ПБА — 155 экз.);

— сведения, собранные сотрудниками «СахНИРО» в Северо-Курильской зоне из уловов снюрреводом на рыбоперерабатывающем заводе АО «СК БСФ» в июне 2024 г. (количество операций — 33, МП минтая — 8122 экз.);

— данные, собранные сотрудниками «ТИНРО» в Северо-Курильской зоне из уловов разноглубинным тралом на промысловых судах типа БМРТ и научной станции «Океаническая» в январе–апреле 2024 г. (количество операций — 96, МП минтая — 6899 экз., ПБА — 200 экз.);

— результаты ихтиопланктонных и гидрологических исследований, выполненных сотрудниками «КамчатНИРО» на МРТК «Инженер Мартынов» на стандартных полигонах в Авачинском заливе 25–27 апреля 2024 г. (количество станций — 31) (рис. 50);

— результаты донной траловой съемки, выполненной с 6 по 26 июля 2024 г. на МРТК-316 и МРТК «Инженер Мартынов» на стандартных полигонах, расположенных в Кроноцком заливе, северной части Авачинского залива (рис. 51) (количество тралений — 62, МП минтая — 361 экз.);

— многолетние данные о биологическом состоянии минтая в промысловых уловах, результаты ихтиопланктонных и донных траловых съемок в прошлые годы;

— данные из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

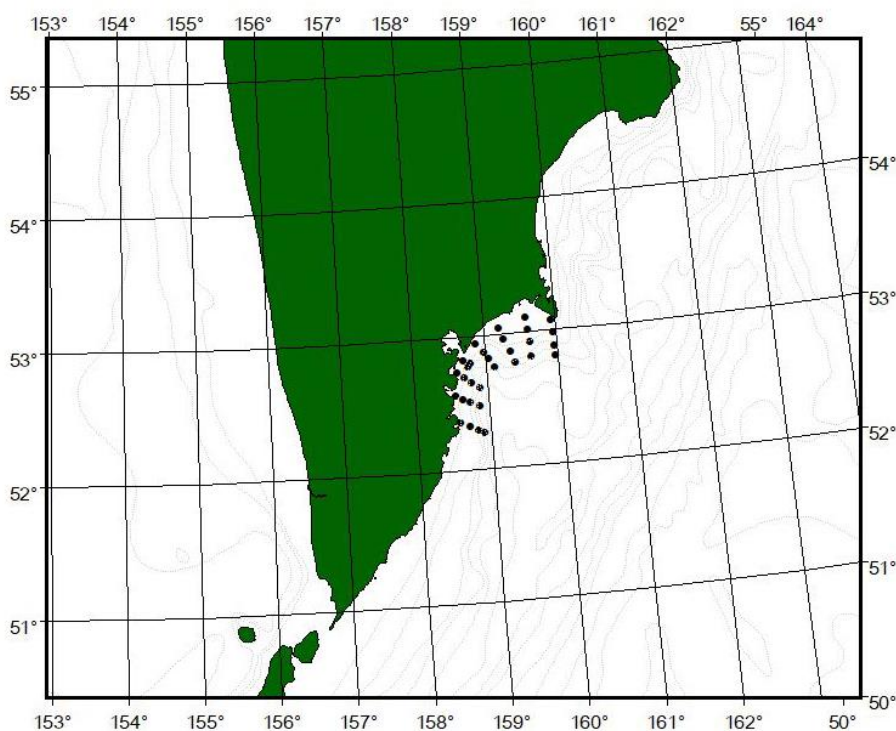


Рис. 50. Схема станций ихтиопланктонной и гидрологической съемки в Авачинском заливе, выполненной на МРТК «Инженер Мартынов» в апреле 2024 г.

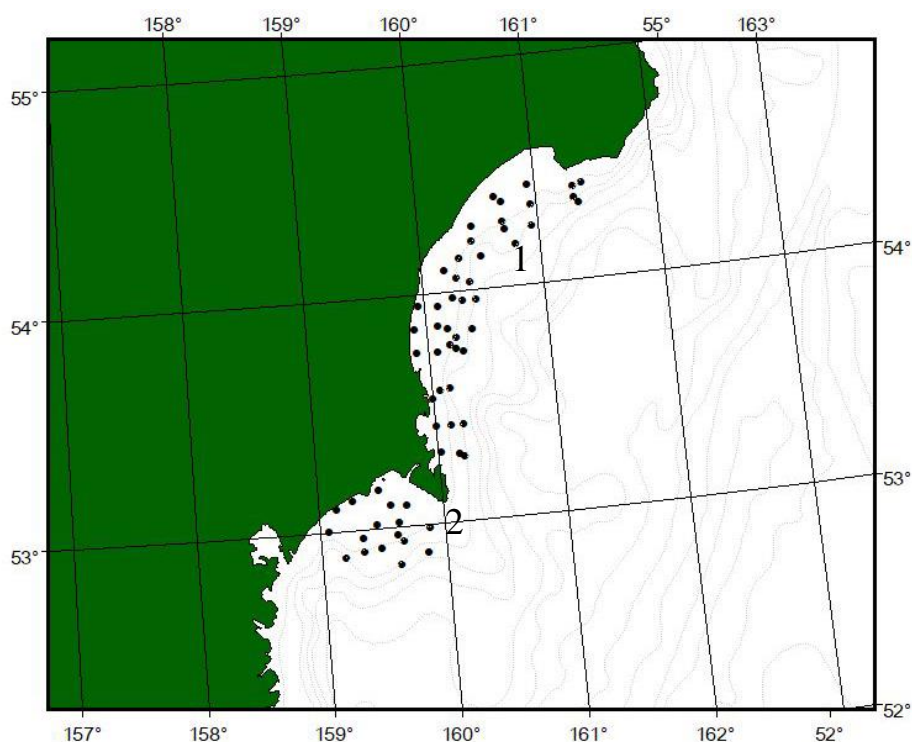


Рис. 51. Схема станций донной траловой съемки (цифры — номера полигонов: 1 — Кроноцкий залив, 2 — северная часть Авачинского залива), выполненной в июле 2024 г. в Петропавловско-Командорской подзоне

Следует отметить, что значительная часть годового вылова минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне не отражается в судовых суточных донесениях (ССД) из ОСМ, т.к. изымается судами, которые, согласно п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза от 06.05.2022 г. № 285, не оснащены техническими средствами контроля (ТСК) и не подают ССД. В соответствии с п. 13.5 они представляют оперативную отчетность предприятий (ООП) по состоянию на 5, 10, 15, 20, 25 и последнее число каждого месяца не позднее суток после указанной даты. При этом ООП не содержит информацию о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова. Учитывая вышеизложенное, сведения об общем вылове минтая получали по данным ООП, структуре промысла — ССД.

Сведения об общем вылове минтая в 2012–2023 гг. в Карагинской подзоне, полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об

уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для восточнокамчатского минтая в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1975 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты ихтиопланктонных и донных траловых съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза по восточнокамчатскому минтаю в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

В 2007–2021 гг. для оценки запасов восточнокамчатского минтая использовалась модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. С 2022 г. применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигматочечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother, UKS) [Ильин, 2022]. Она учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — экспоненциально-логистический:

$$s_{t,a} = \frac{\exp(r_{1t}r_{2t}(r_{3t} - a))}{1 - r_{2t}[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))]},$$

где: r_{1t}, r_{2t}, r_{3t} — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = [\ln N_{t,2}, \dots, \ln N_{t,14}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = [\ln C_{t,2}, \dots, \ln C_{t,14}, \ln I_t^1, \ln I_t^2, \ln I_t^3]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса, I_t^2, I_t^3 — индексы нерестового запаса.

При моделировании запаса восточнокамчатского минтая предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2);$$

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индексов нерестовой биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$ и $\varepsilon_t^{I3} \sim N(0, \sigma_{I3}^2)$ по ихтиопланктонным съёмкам;

— коэффициент улавливаемости для индекса биомассы нерестового запаса $q_3=1,0$.

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \Sigma_C)$; зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам Σ_C предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы Σ_C — типа авторегрессии второго порядка AR(2); параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели.

Для коэффициента естественной смертности выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.25, 0.2^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Исходные данные для модели следующие:

— вылов (млн экз.) восточнокамчатского минтая по возрастам (2–14 лет) и годам (1975–2024 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетним размерно-возрастным ключам, составленным по отолитным определениям возраста в 1998–2024 гг., отдельно для первого и второго полугодий;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 52);

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе–марте (рис. 52). Фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972].

В качестве настроечных индексов (I_t^1) для модели использовали данные об уловах на единицу промыслового усилия (CPUE) крупнотоннажных судов, ведущих промысел разноглубинными тралами в зоне Северо-Курильская в апреле (рис. 53). Предикторы — факторы промысловой зоны, года, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизацию по модели GLM осуществляли средствами статистического пакета R.

Дополнительно использовали оценки биомассы производителей восточнокамчатского минтая в 2006–2011, 2016, 2021, 2023 гг. (I_t^3), продукции икры в эпицентре нереста, расположенном в «северном» каньоне Авачинского залива в 2003, 2008–2010, 2012–2014, 2016–2018, 2020, 2022–2024 гг. (I_t^2).

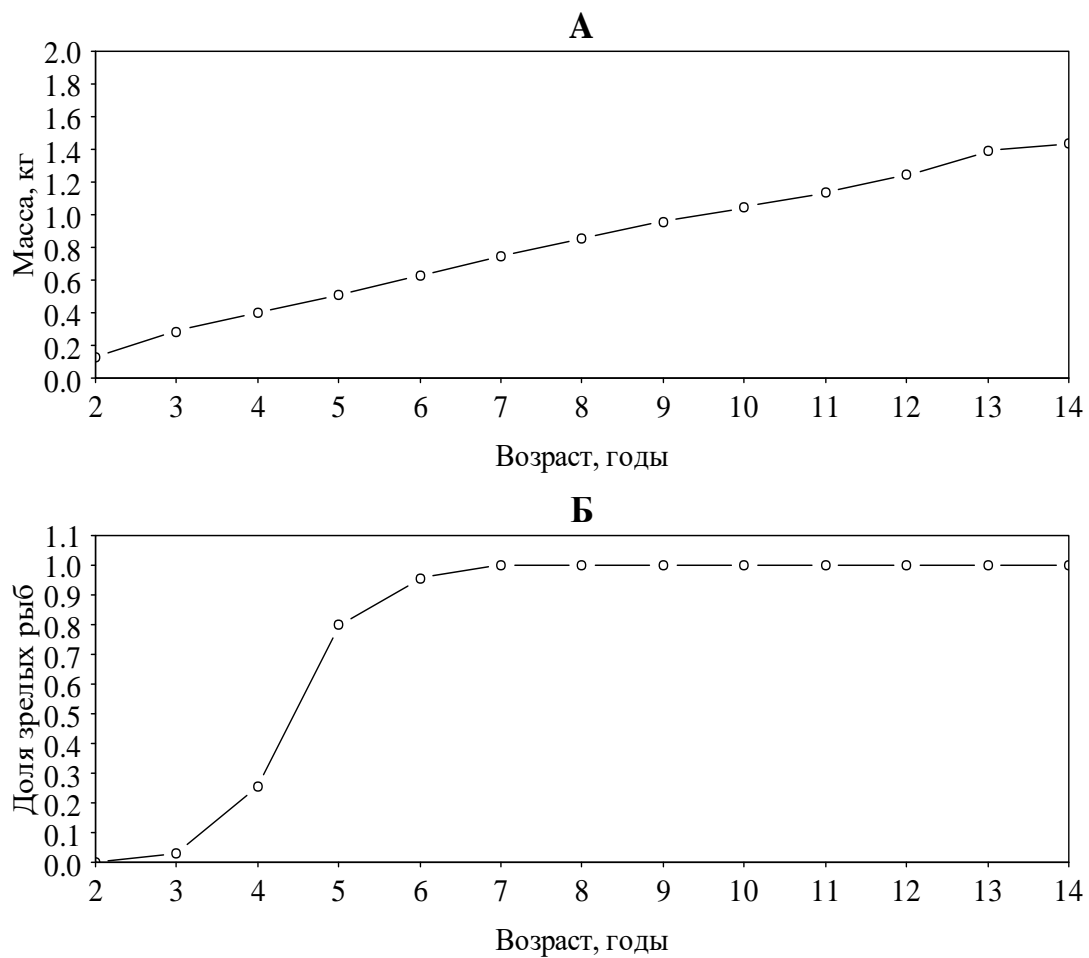


Рис. 52. Исходные данные для модельных расчетов

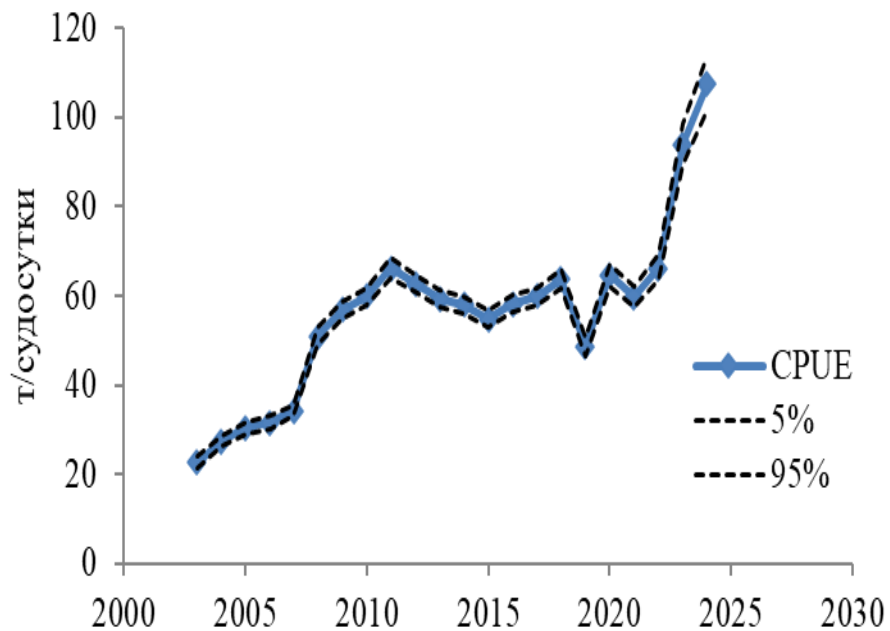


Рис. 53. Межгодовая динамика стандартизованных уловов восточнокамчатского минтая на единицу промыслового усилия

Икорные съёмки — один из основных способов изучения воспроизводства и оценки численности репродуктивной части популяции минтая посредством учёта развивающихся в воде эмбрионов с последующим расчётом нерестового запаса [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др., 1987; Лисовенко, 2000; Балыкин и др., 2002; Балыкин, Варкентин, 2006]. Регулярные ихтиопланктонные съёмки в прикамчатских водах выполняются с 1970-х гг. В это время была принята стандартная сетка станций, которая используется и в настоящее время. На протяжении всего периода исследований орудием лова служила сеть ИКС-80, что делает имеющиеся материалы сравнимыми. На каждой станции осуществляется вертикальный облов толщи воды от дна или горизонта 200 м до поверхности. На основании данных о распределении икры минтая в глубоководных каньонах восточной Камчатки [Буслов, Тепнин, 2002], с 1999 г. в указанных районах глубина погружения сети увеличена до 500–550 м.

Исследованиями установлено, что основное икрометание минтая в Авачинском заливе происходит в районе глубоководных каньонов [Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004]. Эпицентр нереста находится в «северном» каньоне, поэтому, он выбран в качестве «реперного» [Ильин и др., 2014; Ильин, Саушкина, 2022], а продукции икры в нем — индекса для настройки модели.

Для расчета нерестового запаса минтая уловы икры по станциям сначала пересчитывали на 1 м². Уловистость сети принимали равной 1. Далее, с помощью программы ГИС «КартМастер 4.1» для каждого стандартного по площади полигона (Кроноцкий, Авачинский заливы, Юго-Восток Камчатки и Северные Курилы) оценили общее количество учтенной икры по стадиям развития. Данные интерполировали методом «2D-Сплайн аппроксимации».

Продолжительность эмбриогенеза определяли по формуле А.В. Буслова и Н.П. Сергеевой [2009], полученной ими для «северных» популяций минтая:

$$T = 32,245e^{(-0,1682t)}, \text{ где}$$

T – продолжительность эмбрионального развития, сут.,

t – температура воды, °C.

Для расчета средней температуры воды по результатам съёмки рассчитывали средневзвешенное к количеству икры минтая в пробах значение: на шельфе — в слое 0–50 м, в глубоководных каньонах — во всем слое водной толщи.

Соотношение продолжительности стадий развития икринок в течение эмбриогенеза принимали равным: стадия дробления (I) — 17%, стадия зародышевой полоски (II) — 26%, стадия неформировавшегося эмбриона (III) — 39%, стадия оформившегося эмбриона (IV) — 18% [Буслов, Сергеева, 2009].

Изменение суточной продукции аппроксимировали функцией Гаусса [Зайцев, 1984]. Дату начала нереста определяли по поимке производителей с течучими либо выметанными половыми продуктами. Пик воспроизводства на каждом полигоне устанавливали по соотношению в пробах икры разных

стадий. За окончание нереста условно принимается конец мая. Проинтегрировав площадь под кривой, получали общее количество икры, выметанное производителями за нерестовый сезон на каждом полигоне и суммарно для всей популяции.

Для перехода от общего количества выметанной икры к биомассе производителей использовали сведения о биологических показателях рыб: индивидуальной абсолютной плодовитости средней самки, соотношении полов, средней массе половозрелых рыб по результатам контрольных тралений [Качина, Сергеева, 1978]. Нерестовый запас пересчитали на начало года, для чего к полученному на предыдущем этапе значению прибавили количество выловленных до начала съемки производителей.

Следует отметить, что в 2024 г. по объективным причинам (неблагоприятные метеоусловия, военные учения и др.) ихтиопланктонная съемка была выполнена только на полигоне в Авачинском заливе, поэтому нерестовый запас определить не представилось возможным.

В некоторые годы в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке, проводились учетные донные траловые и снюрреводные съемки. Минтай учитывается во время этих съемок, но поскольку они ориентированы, прежде всего, на оценку запасов донных видов рыб (камбал, трески, наваги и др.) и промысловых беспозвоночных (крабов), результаты этих оценок в прогнозных расчетах не используются. Гораздо больший интерес представляет размерно-возрастной состав минтая в учетных тралениях, выраженный в относительных величинах, поскольку он позволяет сделать заключение об урожайности ближнего и дальнего пополнения. Полноценные донные траловые съемки были выполнены в 1984, 1999, 2002, 2016–2023 гг. В 2024 г. по объективным причинам удалось выполнить съемку только на полигонах в Кроноцком заливе и северной части Авачинского залива.

Результаты донных траловых съемок стандартизировали по полигонам. Плотность рыб и величину запасов оценивали отдельно для каждого полигона методом зональных средних [Аксютин, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcView Gis 3.3. При оценке запасов коэффициент уловистости принимали равным 1. Размерный состав минтая определяли взвешенно к уловам на 1 час траления в количественном выражении. Подробно алгоритм расчетов представлен в работе А.И. Варкентина с соавторами [2019].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Эксплуатация ресурсов минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне базируется на запасах восточнокамчатской популяции вида. Ареал ее простирается от Кроноцкого залива до океанических вод о-ва Харимкотан. Центром воспроизводства являются воды юго-восточного побережья, Авачинский залив [Золотов, Антонов, 1986; Антонов, 1991]. В нагульный период минтай распределяется на больших глубинах и мигрирует из вод юго-восточного побережья

Камчатки на северо-восток в Авачинский и Кроноцкий заливы и на юго-запад — в воды северных Курильских о-вов. В годы высокого уровня запасов, нерестилища, а значит и скопления половозрелых рыб, располагаются на всем протяжении шельфа от вод о-ва Парамушир до Авачинского и Кроноцкого заливов. В годы низкого уровня запаса основное икрометание происходит в глубоководных каньонах Авачинского и Кроноцкого заливов [Буслов, Тепнин, 2002].

Основываясь на представлениях о едином популяционном статусе минтая в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам, традиционно оценка запасов и определение ОДУ рыб этой группировки специалистами выполняется для всей популяции, а затем расчетное значение ОДУ распределяется между Петропавловско-Командорской подзоной и Северо-Курильской зоной.

Состояние запаса. По результатам ихтиопланктонной съемки, выполненной в апреле 2024 г., максимальные концентрации икры на всех стадиях развития (56054 экз./м²) отмечены в районе «северного» каньона Авачинского залива (рис. 54). Судя по возрастному составу эмбрионов, исследования здесь были проведены позднее пика нереста, поскольку превалировала икра на II стадии развития (табл. 12). Результаты расчета суточной продукции икры минтая представлены в таблице 13.

По сравнению с 2023 г. продукция икры в Авачинском заливе возросла (рис. 55А). Общую продукцию икры на всем репродуктивном ареале восточнокамчатского минтая в 2024 г. оценить не удалось. В 2023 г. этот показатель был ниже, чем в 2021 г. (рис. 55Б). Предполагаем, что в 2023 г. часть икры была недоучтена, поскольку съемки были проведены позднее пика нереста.

По среднемноголетним данным, вклад Кроноцкого залива в общий репродуктивный потенциал популяции составлял 3,9%, Авачинского — 54,2%, Юго-Востока — 27,3%, Северных Курил — 14,6%.

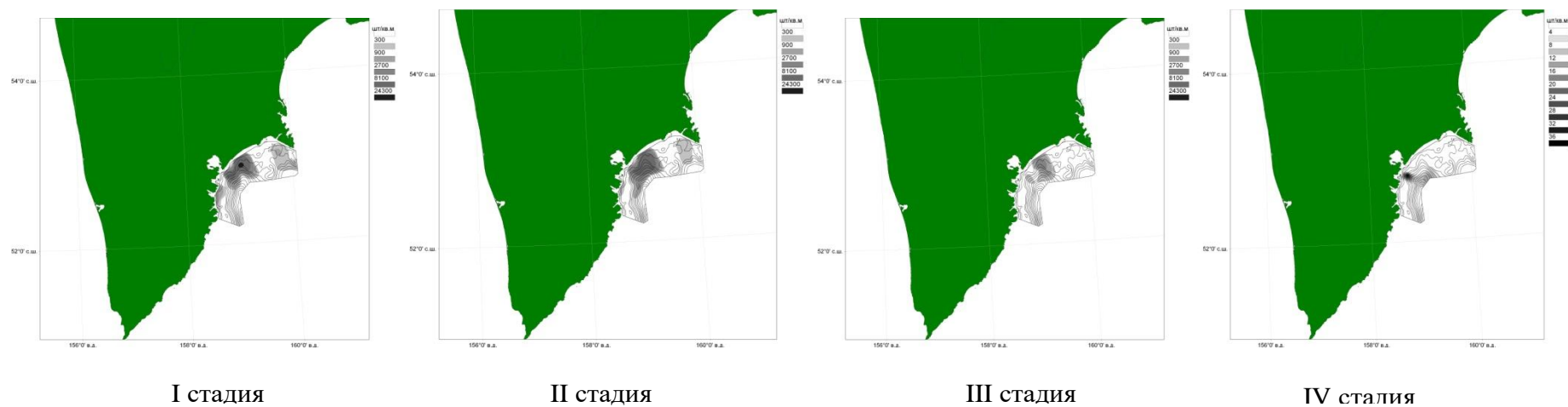


Рис. 54. Распределение икры минтая по стадиям развития в Авачинском заливе в апреле 2024 г.

Таблица 12

Количество учтенной икры минтая ($\times 10^{12}$ шт.) в Авачинском заливе, по результатам ихтиопланктонной съемки в апреле 2024 г.

Полигон	Период	Площадь, км ²	Кол-во станций	Стадии развития [Расс, 1933]				Общее кол-во икры
				I	II	III	IV	
Авачинский залив	20–22.04	5309	32	9,944	10,917	1,776	0,009	22,646

Таблица 13

Суточная продукция икры минтая в Авачинском заливе, по результатам ихтиопланктонной съемки в апреле 2024 г.

Полигон	Средняя дата съемки	Дата пика нереста	Средняя температура воды, °С	Суточная продукция икры I стадии, $\times 10^{12}$ шт.	Продукция икры I стадии, $\times 10^{12}$ шт.	Продукция икры I–IV стадий, $\times 10^{12}$ шт.
Авачинский залив	21.04	15.04	0,92	1,362	24,663	55,673

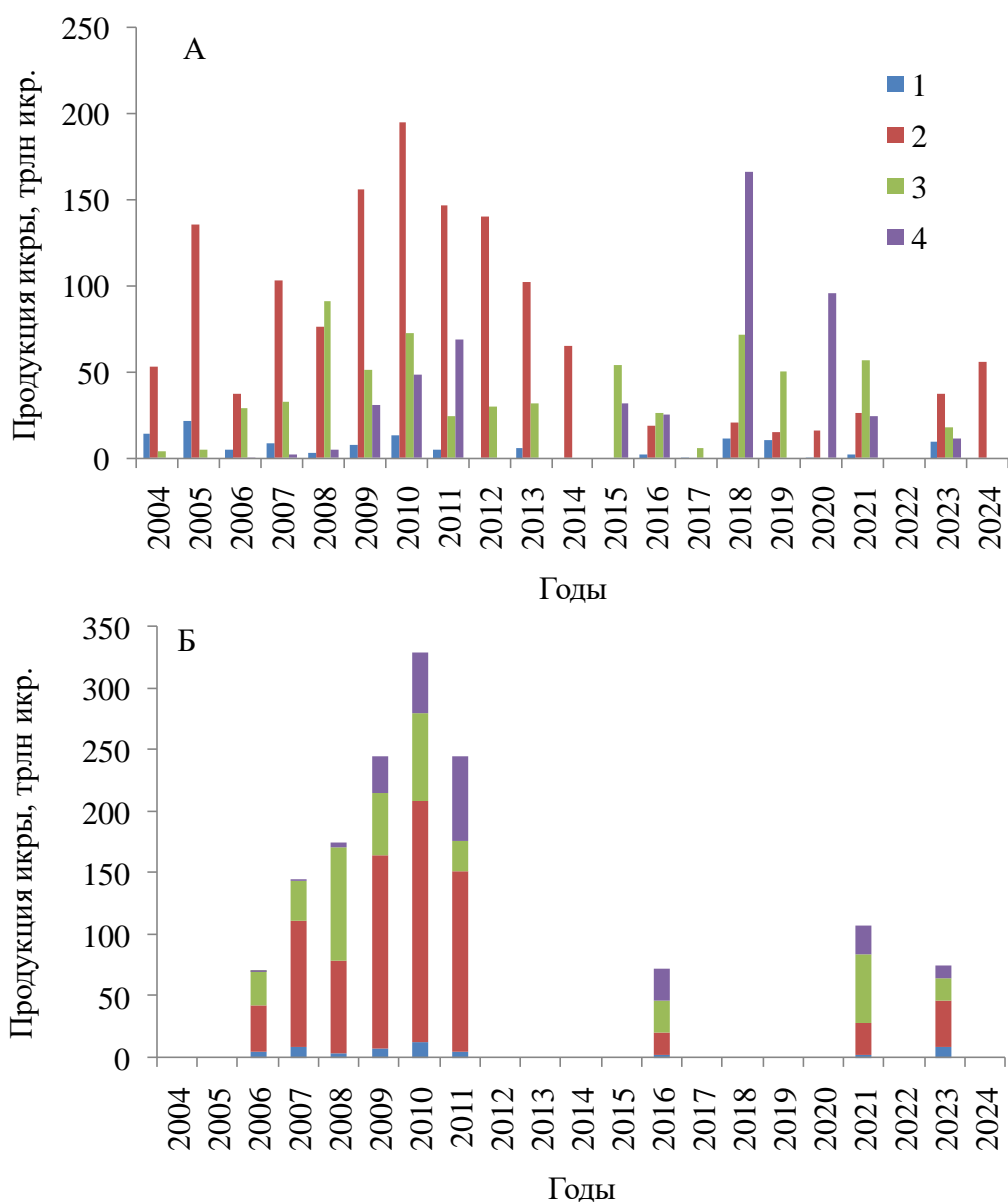


Рис. 55. Продукция икры минтая всех стадий развития (без смертности) на стандартных полигонах в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам (А), и на всем нерестовом ареале популяции (Б) (1 — Кроноцкий залив, 2 — Авачинский залив, 3 — Юго-Восток Камчатки, 4 — Северные Курилы)

Основное икрометание минтая в Авачинском заливе происходит в районе глубоководных каньонов [Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004], среди которых наибольшее значение имеет, так называемый, «северный» каньон [Ильин и др., 2014; Ильин, Саушкина, 2022]. В рассматриваемый интервал лет, максимальная продукция икры в этом каньоне зарегистрирована в 2010 г. (рис. 56А). Затем она снизилась, а очередной максимум зарегистрирован в 2020 г. В последние 3 года величина индекса находилась на невысоком уровне.

Наибольшие значения нерестового запаса зафиксированы в 2008–2010 гг. (около 1,2 млн т), после этот показатель снижался и в 2016 г. составлял порядка 670 тыс. т (рис. 56Б). В 2021 г. биомасса производителей

увеличилась до 740 тыс. т, а в 2023 г. — снизилась до 707 тыс. т. В 2024 г. нерестовый запас оценить не удалось.

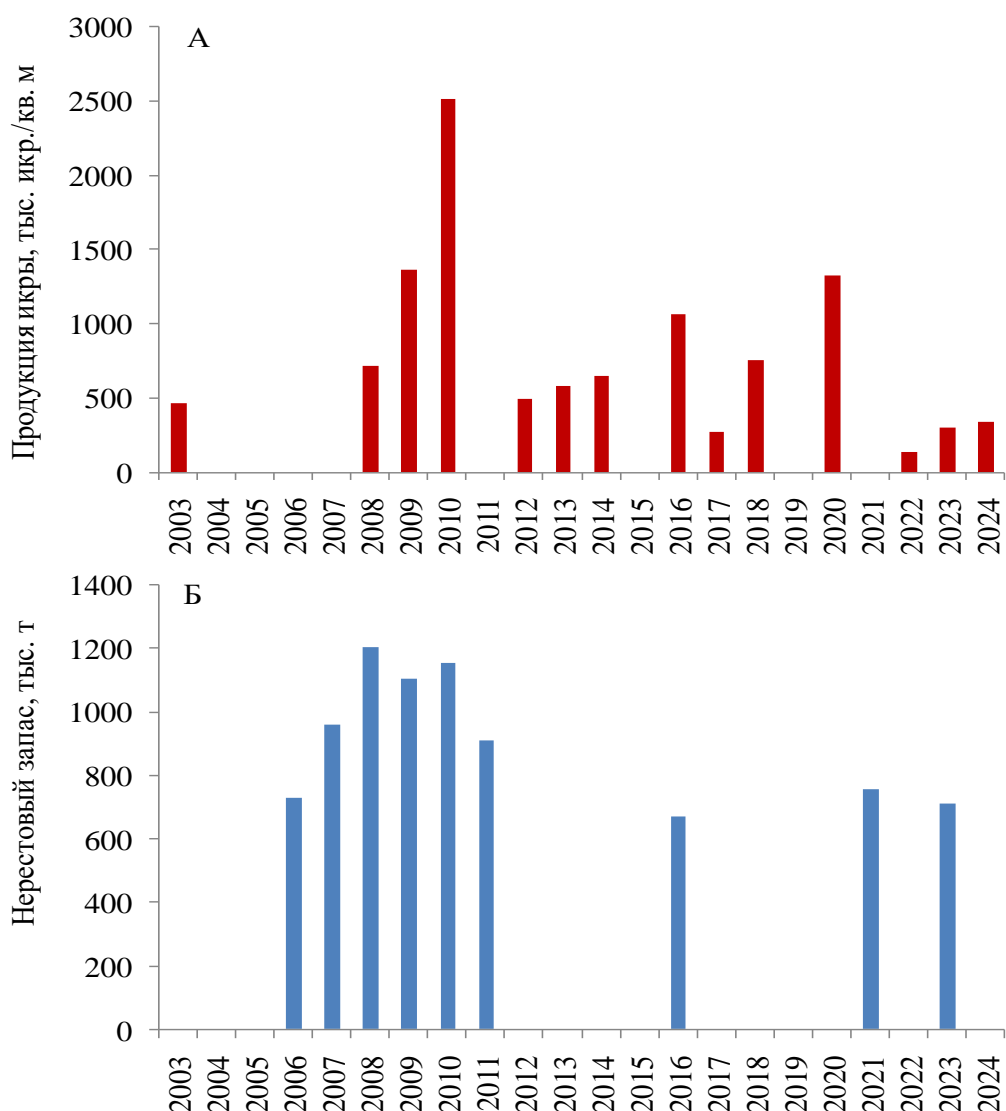


Рис. 56. Межгодовая динамика продукции икры в «Северном» каньоне, расположенном в Авачинском заливе (А), нерестового запаса (Б) восточнокамчатского минтая

Таким образом, по результатам ихтиопланктонных съемок, текущий уровень нерестового запаса минтая можно оценить как средний.

По результатам контрольных тралений разноглубинным тралом, выполненных во время ихтиопланктонных съемок, можно сделать несколько выводов. Во-первых, в весенний период 2018 г. размерно-возрастной состав минтая в уловах в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне был довольно близким, но в последней было больше молоди рыб (рис. 57). Во-вторых, поколения 2017–2018 гг., очевидно, можно отнести к средним по численности, поскольку в уловах в 2020 г. рыбы этих когорт абсолютно доминировали в уловах. Превалировали они и в 2023 г.

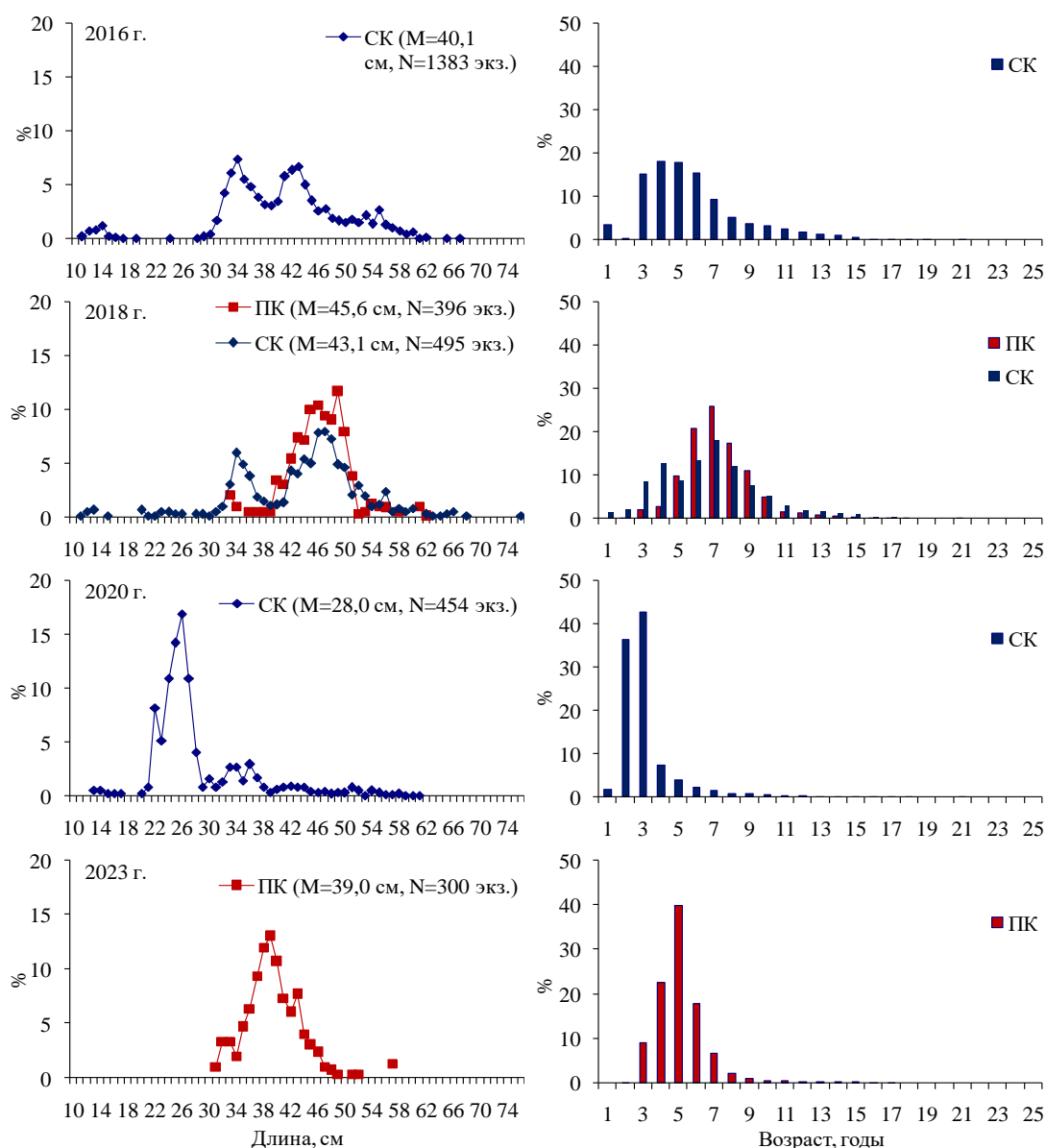


Рис. 57. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава минтая по результатам контрольных тралений разноглубинным тралом, выполненных во время ихтиопланктонных съемок в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским о-вам, в апреле–мае

По результатам донной траловой съемки, выполненной в июле 2024 г., минтай был отмечен во всех тралениях. Уловы на 1 час траления варьировали от 4 до 5747 кг (в среднем — 981 кг) (рис. 58). Доля вида по массе в отдельных тралениях достигала 89,9%, а в среднем составляла 57,5%.

Индекс общей численности на полигоне в Кроноцком заливе по сравнению с 2023 г. увеличился, а в северной части Авачинского залива — уменьшился, индекс общей биомассы в первом районе практически не изменился, а во втором — уменьшился (табл. 14). Какую-либо закономерность динамики численности и биомассы минтая в межгодовом аспекте установить не представляется возможным.

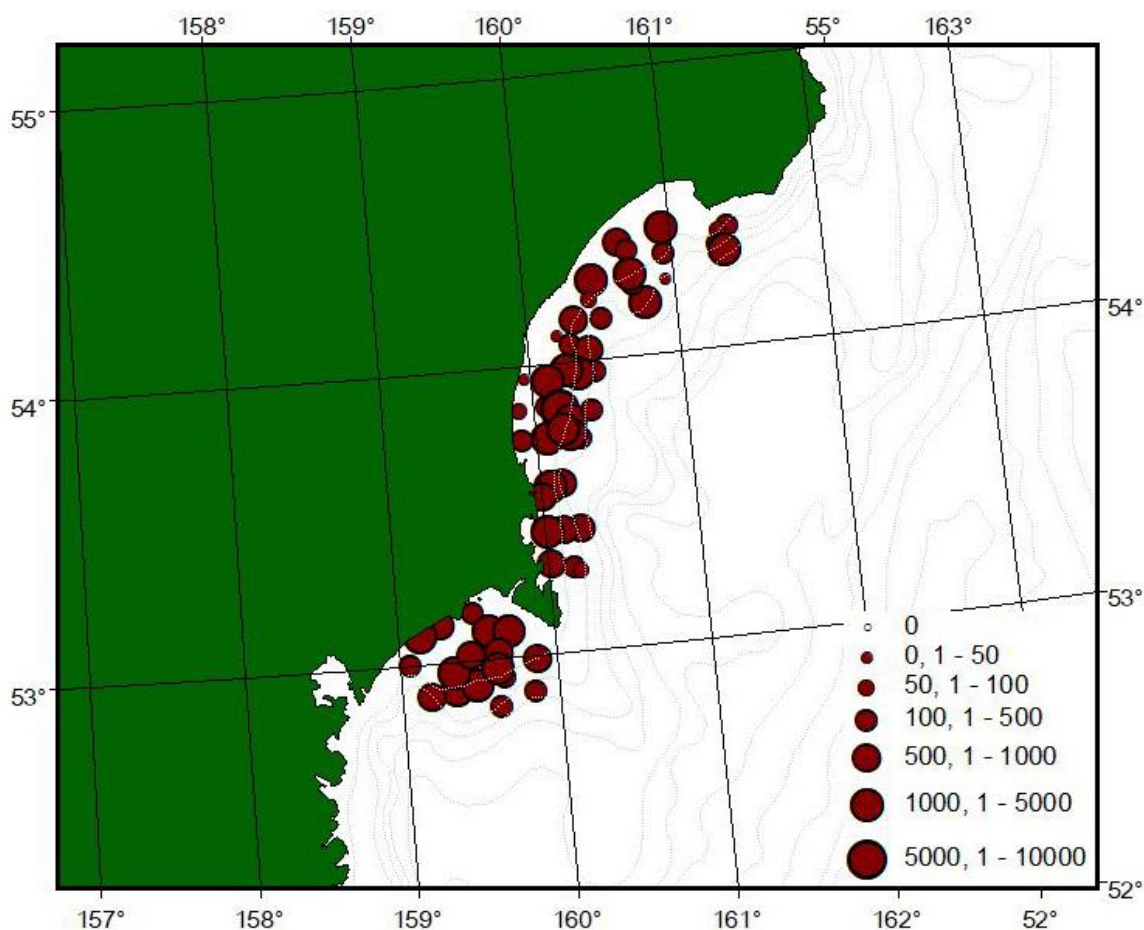


Рис. 58. Пространственное распределение уловов минтая по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне в июле 2024 г., кг/час траления

Таблица 14

Межгодовая динамика индексов общей численности (N) и биомассы (B) минтая (Ку=1) по полигонам и годам в Петропавловско-Командорской подзоне по результатам донных траловых съемок

Год Полигон	N, млн экз.			B, тыс. т		
	1	2	3	1	2	3
2016	49,203	14,473	64,129	16,472	6,367	10,649
2017	—	7,276	198,571	—	3,898	47,365
2018	73,809	7,135	49,223	29,872	3,030	16,979
2019	104,557	17,861	119,438	36,989	12,772	59,245
2020	178,049	54,340	77,015	67,542	14,599	35,132
2021	49,667	24,024	66,825	34,256	17,491	27,502
2022	86,607	35,603	92,720	39,285	25,847	46,368
2023	94,100	60,652	210,906	50,967	36,401	82,845
2024	114,926	54,168	—	50,950	25,090	—

Примечание: номера полигонов как на рисунке 51

Сведения о размерно-возрастном составе минтая, по результатам учетных тралений, представлены на рисунке 59.

В 2024 г. в уловах встречались рыбы длиной 14–70 см, преобладали особи размером 38–43 см (63,7%) в возрасте 3+–5+ лет (75,1%). Анализ межгодовой динамики возрастного состава минтая показал, что поколения

2014, 2018–2019 гг., можно отнести к числу средних по численности (рис. 60).

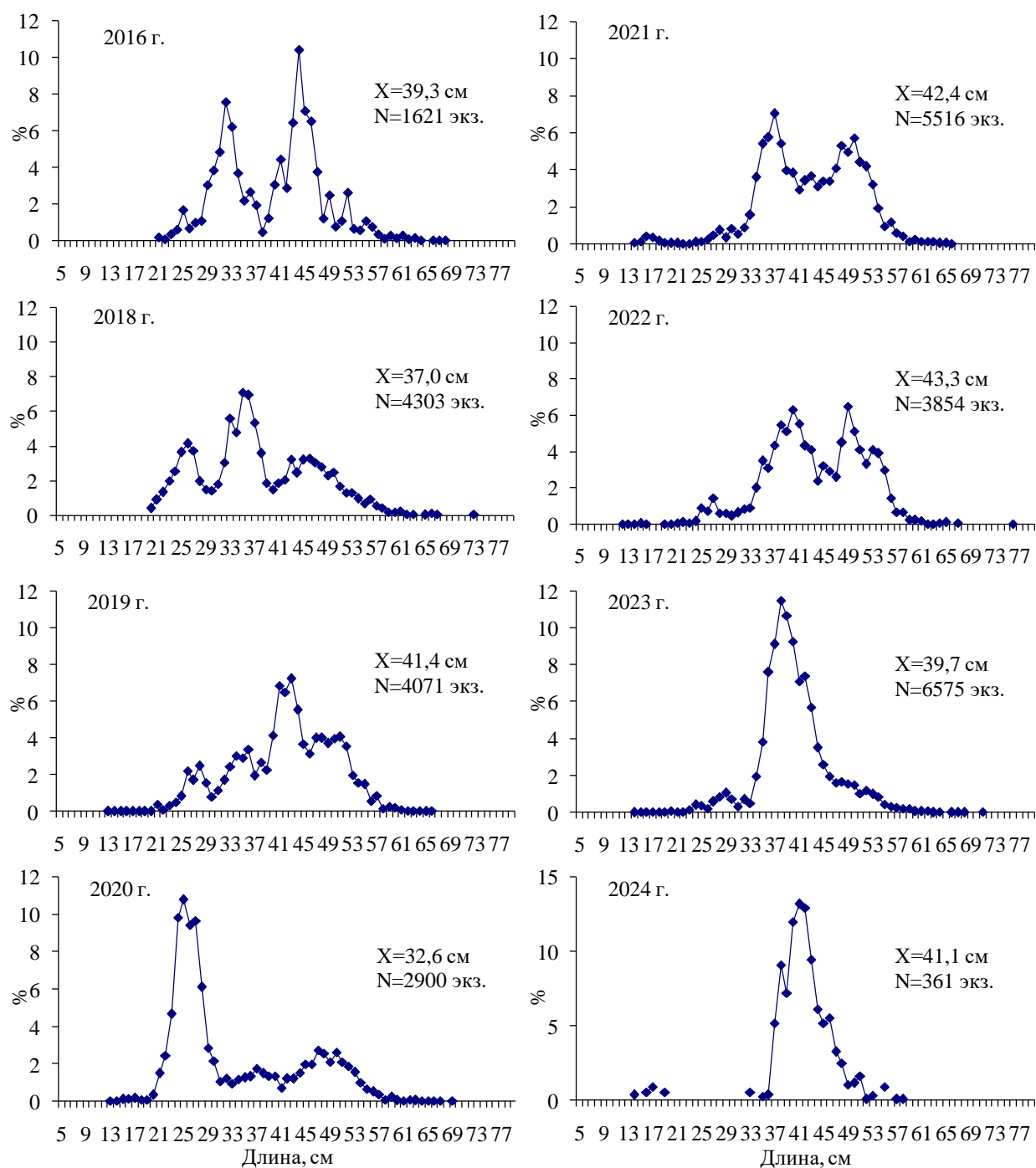


Рис. 59. Межгодовая динамика размерного состава минтая по результатам учетных донных траловых съемок на стандартных полигонах в Петропавловско-Командорской подзоне

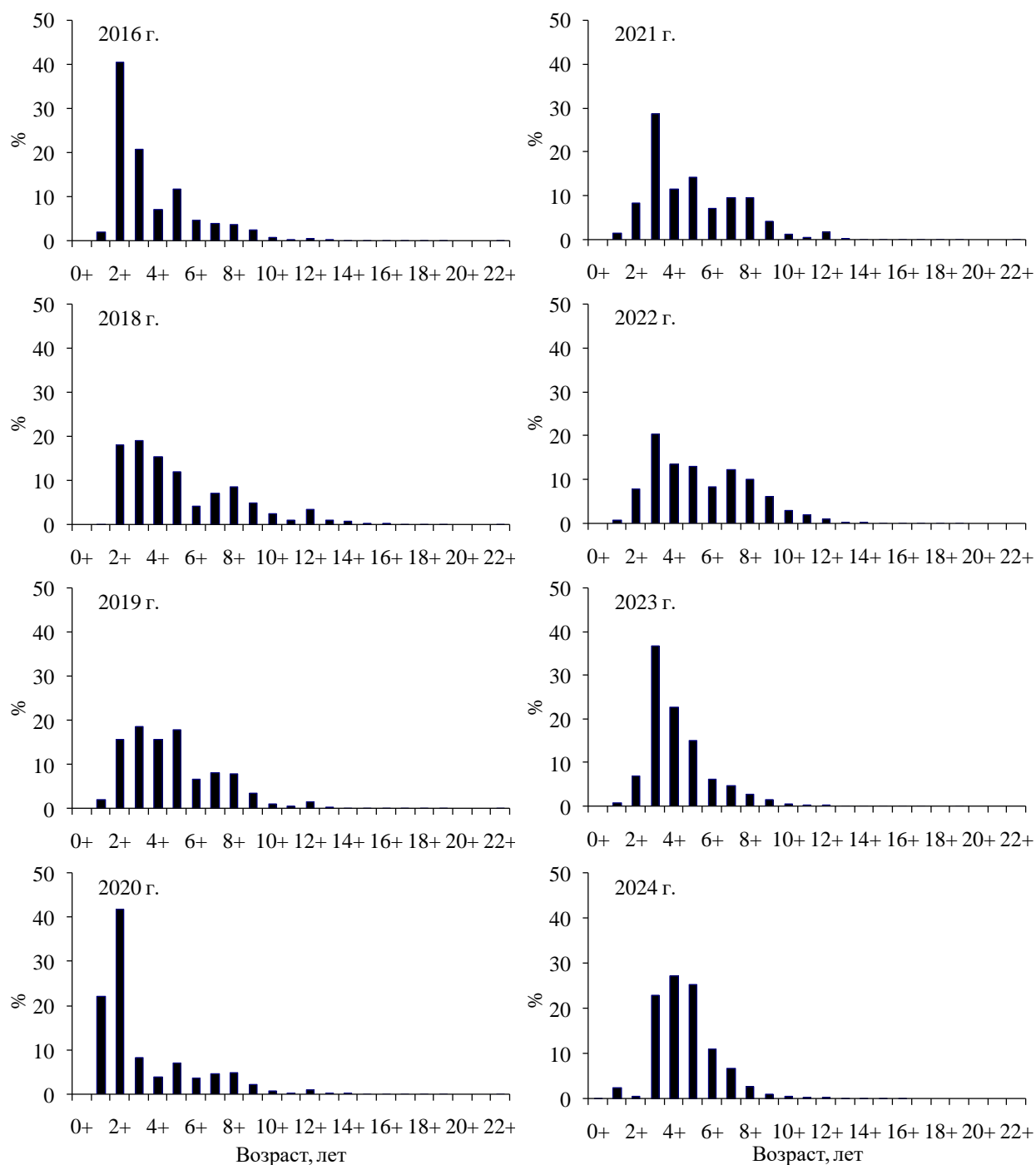


Рис. 60. Межгодовая динамика возрастного состава минтая по результатам учетных донных траловых съемок на стандартных полигонах в Петропавловско-Командорской подзоне

В результате модельных расчетов, биомасса общего запаса восточнокамчатского минтая в возрасте 2 года и старше на начало 2024 г. составила 2259,2 тыс. т, нерестового — 1332,9 тыс. т, а промыслового — 1538,5 тыс. т (рис. 61–62).

Наблюдавшийся в начале этого века бурный рост биомассы, как общего, так и нерестового запаса после 2010 г. сменился плавным снижением. С 2022 г., по модельным оценкам, наблюдается рост запасов восточнокамчатского минтая, что связано с естественными причинами —

численность вступающих в промысловый запас поколений 2018–2021 гг. оценивается выше среднееголетнего уровня, причем поколения 2019–2020 гг. — самые многочисленны за всю ретроспективу. В настоящее время величина нерестового запаса выше установленного целевого ориентира по биомассе (рис. 61).

Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности приведена на рисунке 63.

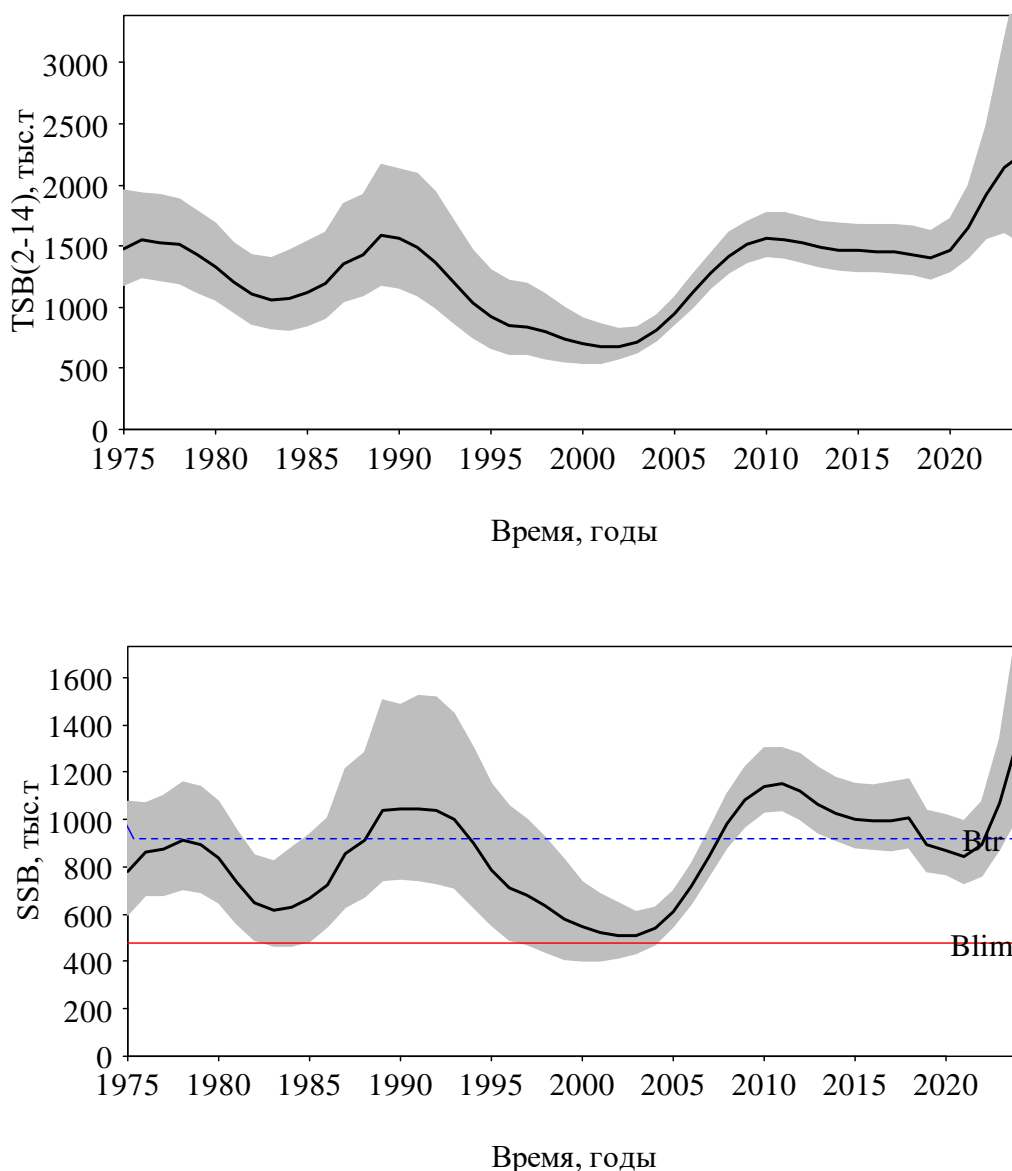


Рис. 61. Межгодовая динамика биомассы общего (TSB) (сверху) и нерестового (SSB) (снизу) запаса восточнокамчатского минтая (серым цветом выделены 90% доверительные границы; синяя пунктирная линия — целевой ориентир по нерестовой биомассе, красная линия — граничный ориентир по нерестовой биомассе)

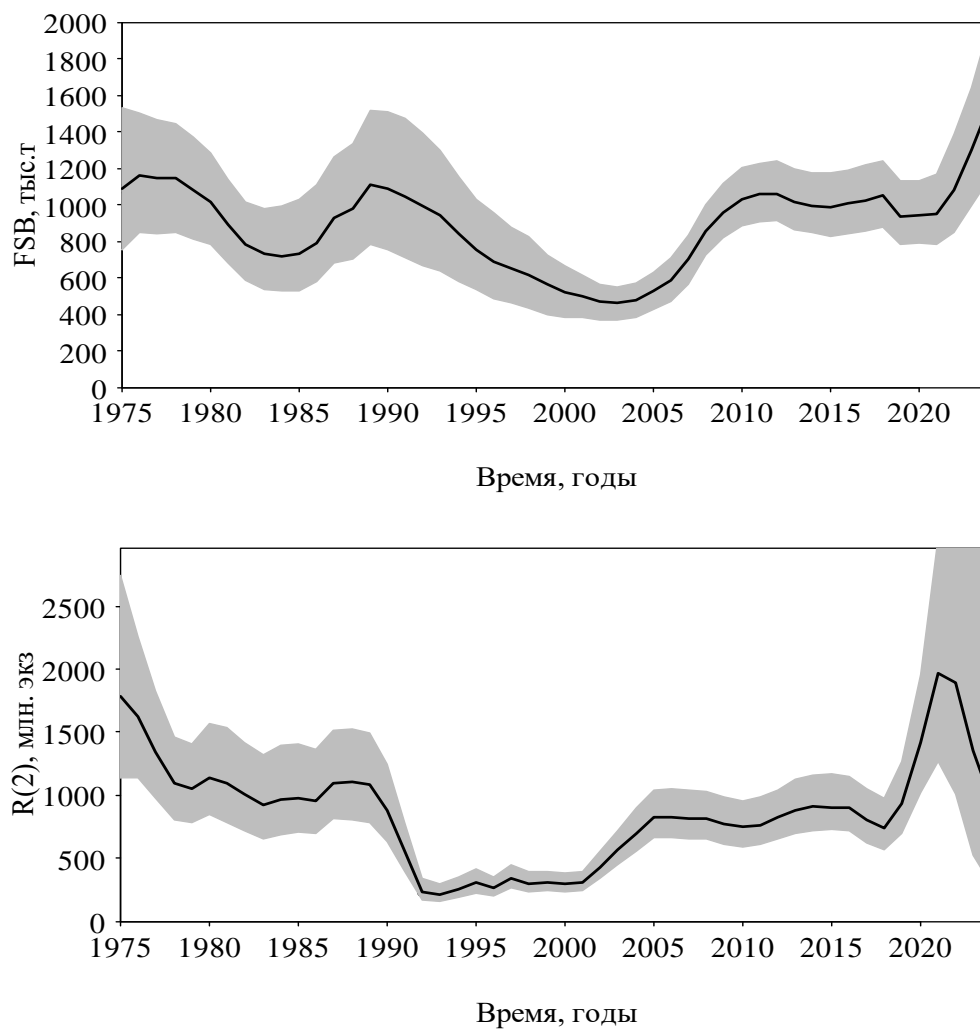


Рис. 62. Межгодовая динамика биомассы промыслового запаса (FSB) (сверху) и численности пополнения ($R(2)$) восточнокамчатского минтая (серым цветом выделены границы 90%-го доверительного интервала)

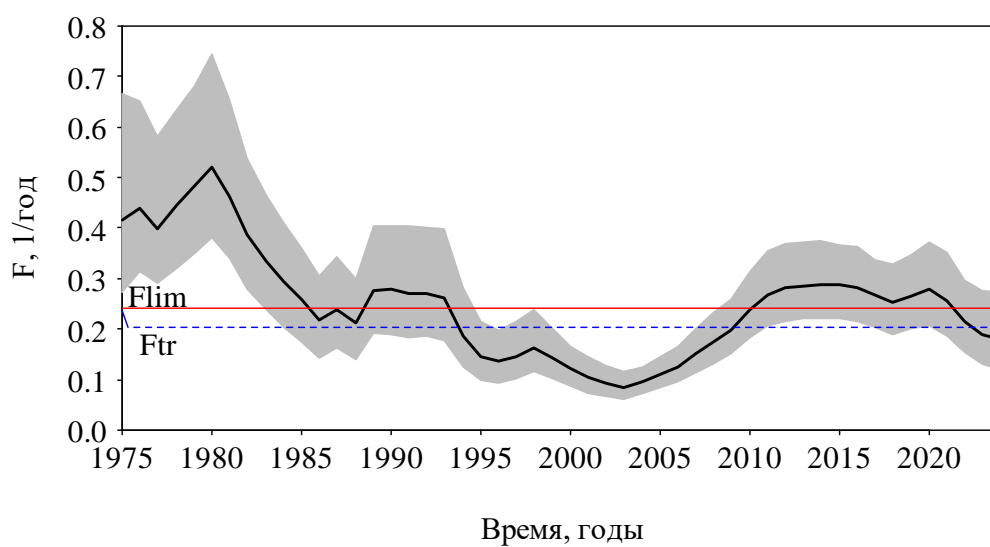


Рис. 63. Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности восточнокамчатского минтая составила $0,182 \text{ год}^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,075. Уровень показателей неопределенности популяционных параметров (стандартные ошибки, доверительные интервалы оценок) был определен по результатам статистического моделирования Монте-Карло.

Результаты ретроспективного анализа оценок биомассы нерестового запаса и пополнения восточнокамчатского минтая представлены на рисунке 64.

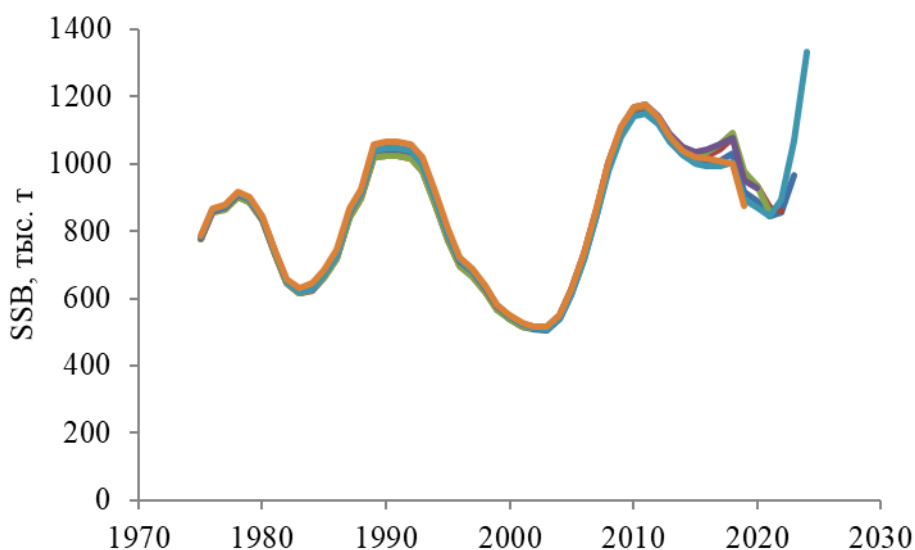


Рис. 64. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы восточнокамчатского минтая

Значение показателя Мона ρ [Mohn, 1999] для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило -1,5%. В работе Хуртадо-Ферро [Hurtado-Ferro et al., 2015] были предложены пороговые значения показателя Мона ρ для долгоживущих видов рыб: нижний — -15%, верхний — 20%, для рыб с малой продолжительностью жизни: нижний — -22%, верхний — 30%. Таким образом, расчеты свидетельствуют об отсутствии значимой ретроспективной смещенности модельных оценок нерестовой биомассы.

Межгодовая динамика модельных и наблюдаемых индексов запаса восточнокамчатского минтая представлена на рисунке 65. В применяемой модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюдаемых значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p < 0,05$.

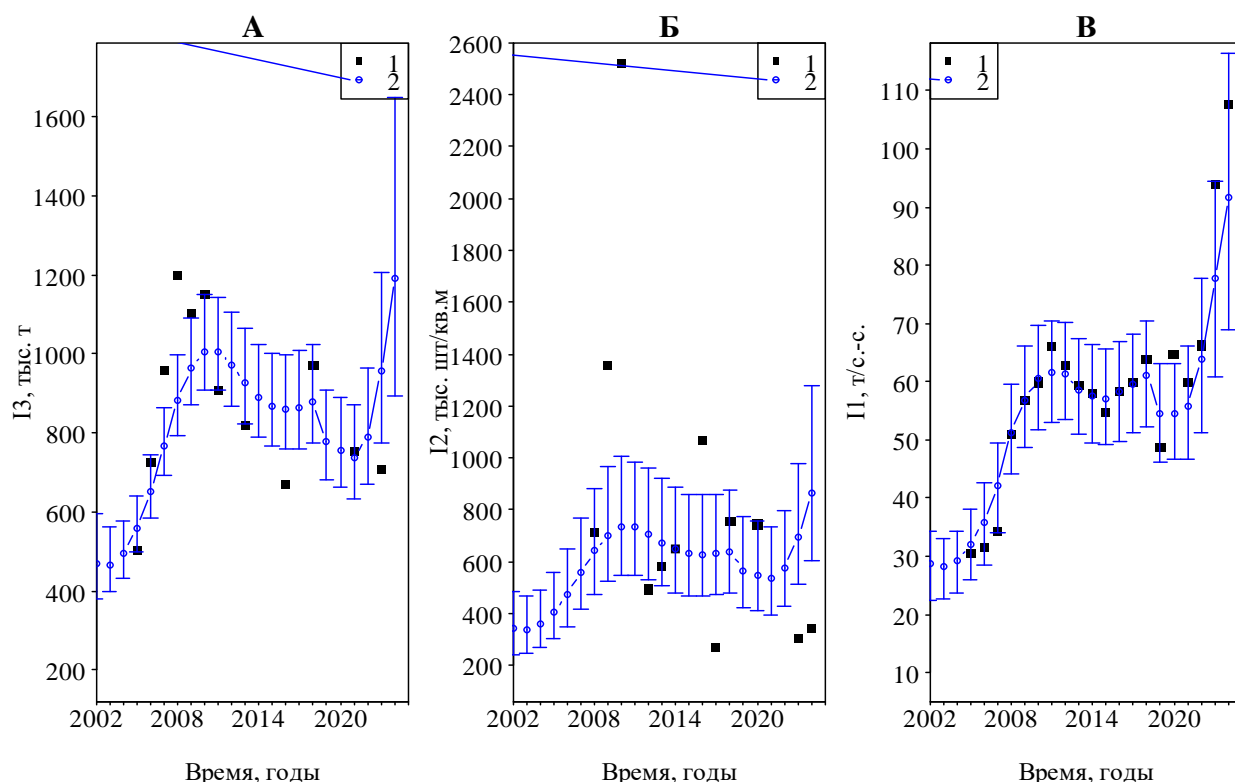


Рис. 65. Межгодовая динамика модельных (2) и наблюдаемых (1) индексов запаса — нерестовый запас по ихтиопланктонным съемкам (А), продукция икры в «Северном» каньоне (Б) и стандартизованный улов на усилие (В)

Динамика модельных коэффициентов селективности представлена на рисунке 66.

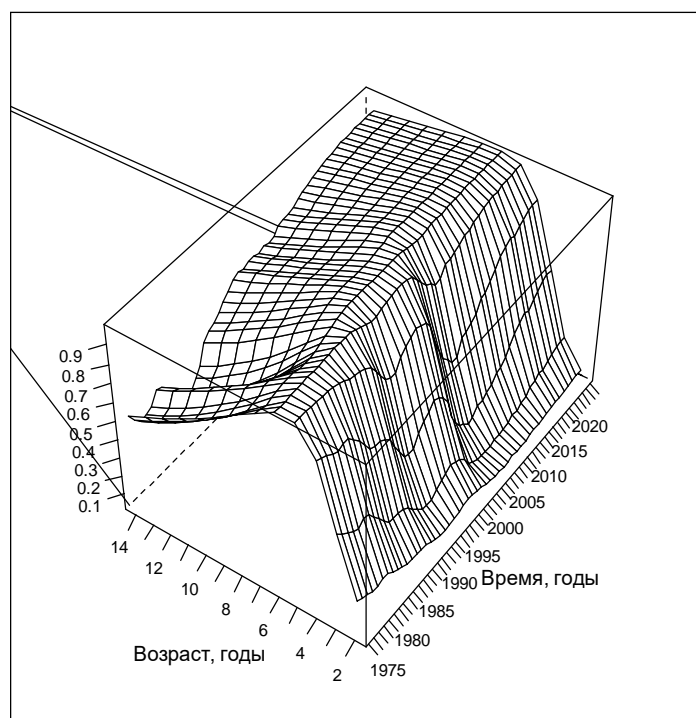


Рис. 66. Возрастные коэффициенты селективности

Можно увидеть изменения в селективности, связанные с последствиями введения в 2001 г. правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна запрета (п. 32.4 в современной редакции правил рыболовства) на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки с квадратным расположением ячеи, устанавливаемой между мотеной частью трала и траловым мешком (кутцом). В последние годы происходит увеличение селективности в отношении мелкоразмерного минтая, которое обусловлено ростом, начиная с 2016 г., числа судов на промысле минтая, оснащенных тралами «западных» проектов («Атлантика» (несколько модификаций), «Egersund», «Gloria» (несколько модификаций) и др.) [Варкентин и др., 2021].

Промысел. Первые сведения о вылове минтая в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским о-вам, японскими рыбаками относятся к 1961 г., когда было добыто 7 тыс. т (рис. 67).

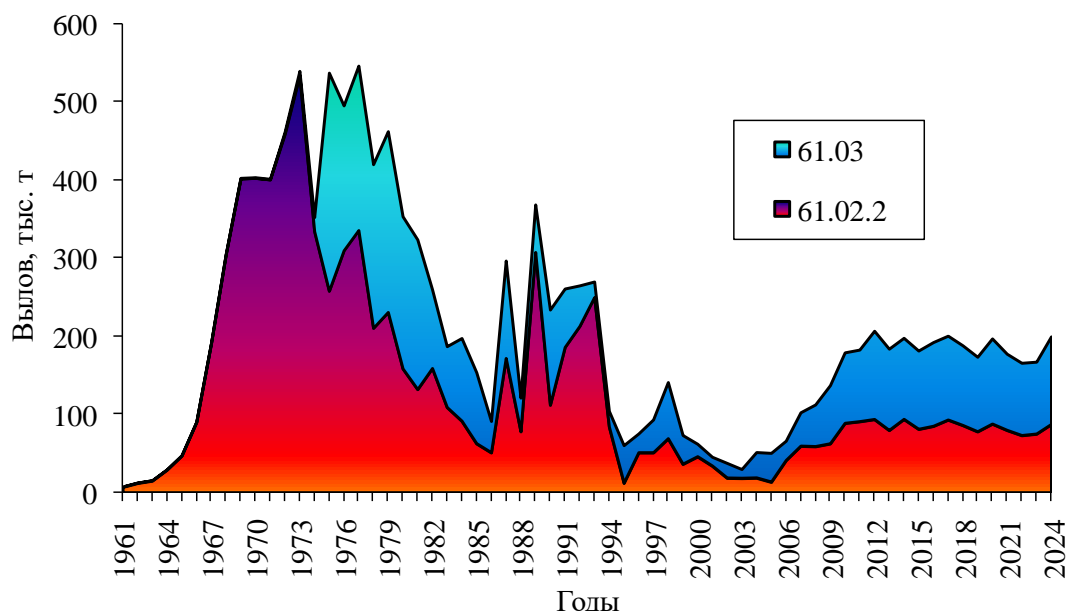


Рис. 67. Межгодовая динамика вылова восточнокамчатского минтая

Советские рыбаки специализированный промысел минтая у юго-восточной оконечности Камчатки начали в 1967 г., добыв 8,0 тыс. т. В водах Северных Курил в первой половине 1970-х гг. специализированный отечественный промысел минтая почти отсутствовал. Добывали его, в основном, в период лова терпуга, кальмара, трески. Постепенно вылов увеличивался с 3 тыс. т — в 1972 г. — до 18 тыс. т — в 1974 г. Максимальный общий вылов минтая всеми странами (СССР/РФ, Япония, Корея) в Петропавловско-Командорской подзоне отмечен в 1973 г. (534,5 тыс. т), а в Северо-Курильской зоне — 1975 г. (280 тыс. т). В 1980–1989 гг. общие уловы минтая в этих двух районах снижались и составляли, в среднем, 235 тыс. т при колебаниях от 91 до 369 тыс. т. Затем, в течение

4 лет, вылов вновь увеличивался и в 1992–1993 гг. достиг 265–270 тыс. т. После этого продолжался длительный период (1994–2006 гг.) небольших уловов, когда вылов варьировал от 27 до 141 тыс. т при средней величине, равной 66 тыс. т. Начиная с 2007 г., в связи с ростом запасов восточнокамчатского минтая, уловы вновь возросли [Варкентин, Сергеева, 2017]. В 2012 г. в этих районах добыто около 207 тыс. т. В последующие годы вылов то незначительно увеличивался, то снижался, а в среднем составлял 185,3 тыс. т.

В 2024 г. в Петропавловско-Командорской добыто 87,2 тыс. т минтая (95,5% ОДУ), а в Северо-Курильской зоне — 112,3 тыс. т (98,4% ОДУ) (табл. 15).

Таблица 15

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ восточнокамчатского минтая

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
Петропавловско-Командорская подзона			
2015	83,1	81,053	97,5
2016	88,6	84,924	95,9
2017	95,7	92,952	97,1
2018	87,2	85,949	98,6
2019	79,1	77,893	98,5
2020	89,5	87,771	98,1
2021	82,8	79,678	96,2
2022	74,8	73,050	97,7
2023	75,4	74,967	99,4
2024	91,4	87,273	95,5
Северо-Курильская зона			
2015	103,2	100,337	97,2
2016	109,5	107,349	98,0
2017	118,4	107,514	90,8
2018	107,8	102,157	94,8
2019	97,9	95,521	97,6
2020	110,8	109,197	98,6
2021	103,3	97,654	94,5
2022	93,4	92,646	99,2
2023	94,1	92,169	97,9
2024	114,1	112,273	98,4
Оба района			
2015	186,3	181,390	97,4
2016	198,1	192,273	97,1
2017	214,1	200,466	93,6
2018	195,0	188,106	96,5
2019	177,0	173,414	98,0
2020	200,3	196,968	98,3
2021	186,1	177,332	95,3
2022	168,2	165,696	98,5
2023	169,5	167,136	98,6
2024	205,5	199,546	97,1

Структура промысла восточнокамчатского минтая отличается по районам (рис. 68 А). В Петропавловско-Командорской подзоне основные объемы вылова этого вида традиционно осваиваются судами, оснащенными снюрреводами. Этому способствует близость районов лова к порту Петропавловск-Камчатский, где расположено несколько крупных рыбообрабатывающих заводов. Вклад этого вида промысла в 2015–2024 гг. в среднем составлял 62,2%. Разноглубинными тралами в этой подзоне в последние 10 лет добывалось в среднем 37,1%. На рисунке 68 хорошо заметно, что с 2017 г. наметился тренд на увеличение вклада в общий вылов судов тралового лова и уменьшение доли снюрреводного, что, прежде всего, связано со снижением общего количества маломерных и малых судов, которые, в основном, занимаются снюрреводным ловом. Как следствие, в 2024 г. общий вылов минтая разноглубинными тралами был выше, чем снюрреводами. В незначительных объемах минтай в Петропавловско-Командорской подзоне вылавливают в качестве прилова на донном траловом промысле терпуга и рыб материкового склона, ярусном промысле трески.

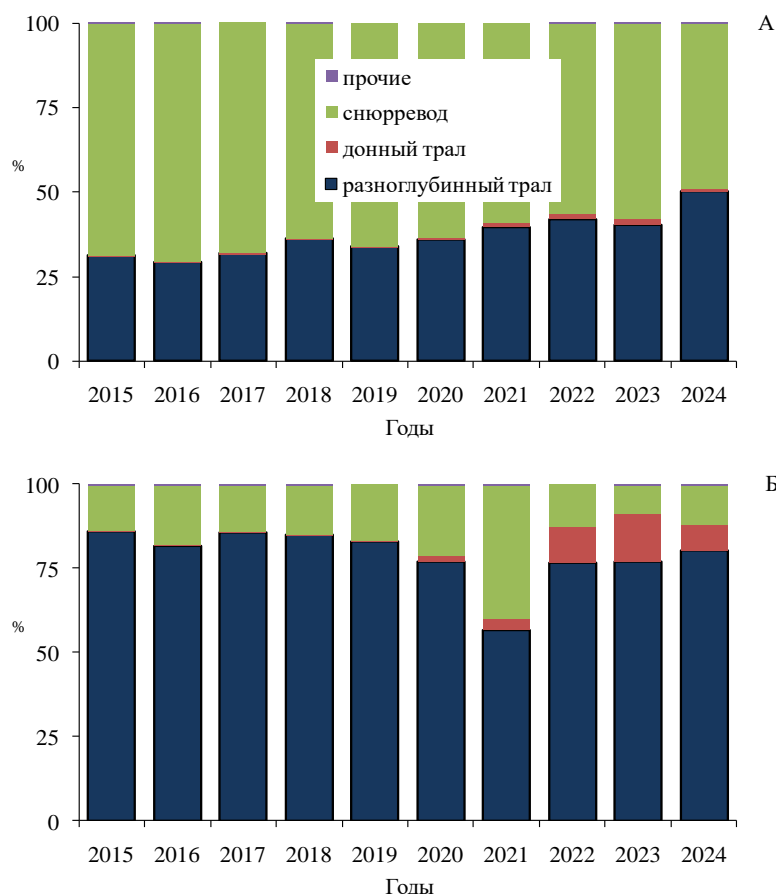


Рис. 68. Межгодовая динамика соотношения вылова минтая разными орудиями лова в Петропавловско-Командорской подзоне (А) и Северо-Курильской зоне (Б)

В Северо-Курильской зоне основные объемы минтая осваиваются на траловом промысле (рис. 68Б). Вклад этого вида лова в 2015–2024 гг. в среднем составлял 78,8%. Снюрреводами добываются существенно меньшие

объемы — в среднем за последние 10 лет 17,2%. В качестве прилова на промысле кальмаров, терпуга минтай также вылавливают донными тралями.

Как и в других районах промысла минтая, добыча его в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам, имеет выраженный сезонный характер, связанный, как с особенностями биологии, распределения объекта в течение года, действующими Правилами рыболовства, так и во многом с экономическими причинами, и, в частности, рентабельностью лова. Согласно п. 28.1 Правил рыболовства, запрещается специализированная добыча минтая в Петропавловско-Командорской подзоне с начала массового нереста, но не позднее, чем с 15 февраля по 1 мая, а снюрреводами к северу от м. Поворотный — с 16 марта по 1 мая, на акватории к югу от м. Поворотный — с 26 марта по 10 мая.

В 2024 г. в Петропавловско-Командорской подзоне наибольший вылов минтая разноглубинными тралями (около 28,8 тыс. т или 51,3% общегодового вылова этим орудием лова) пришелся на январь–март (рис. 69А), а снюрреводами — январь–май (23,3 тыс. т, или 55,1%). В летние месяцы объемы вылова указанными орудиями лова минимальны, а затем в сентябре-декабре они возросли (16,5 тыс. т, или 39,0%).

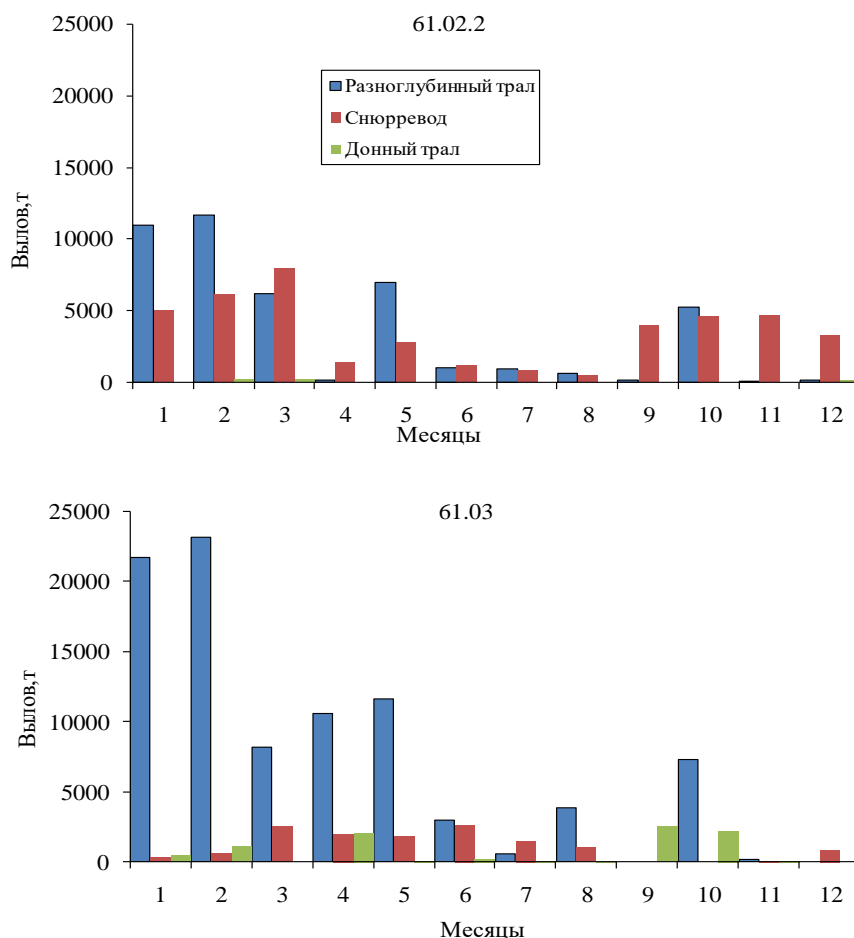


Рис. 69. Сезонная динамика вылова восточнокамчатского минтая на разных видах промысла в 2024 г.

В Северо-Курильской зоне ограничения по срокам специализированного промысла минтая в 2024 г. не было. Значительные объемы на траловом промысле освоены в январе–мае (75,2 тыс. т, или 83,45%) (рис. 69Б). Промысел снюрреводами наиболее интенсивно велся в период с марта по август, когда было добыто 11,5 тыс. т, или 86,0%.

В обоих районах наибольший вылов минтая в первой половине года объясняется высокой рентабельностью промысла из-за возможности заготавливать икру.

В 2024 г. продолжился рост индекса улова на единицу усилия (рис. 53), что косвенно свидетельствует о благоприятной промысловой обстановке, обусловленной, в том числе, хорошим состоянием запасов восточнокамчатского минтая.

Исходные данные о размерном составе минтая, осредненные по рыбопромысловым подзонам, основным орудиям лова и полугодиям, представлены на рисунках 70-71.

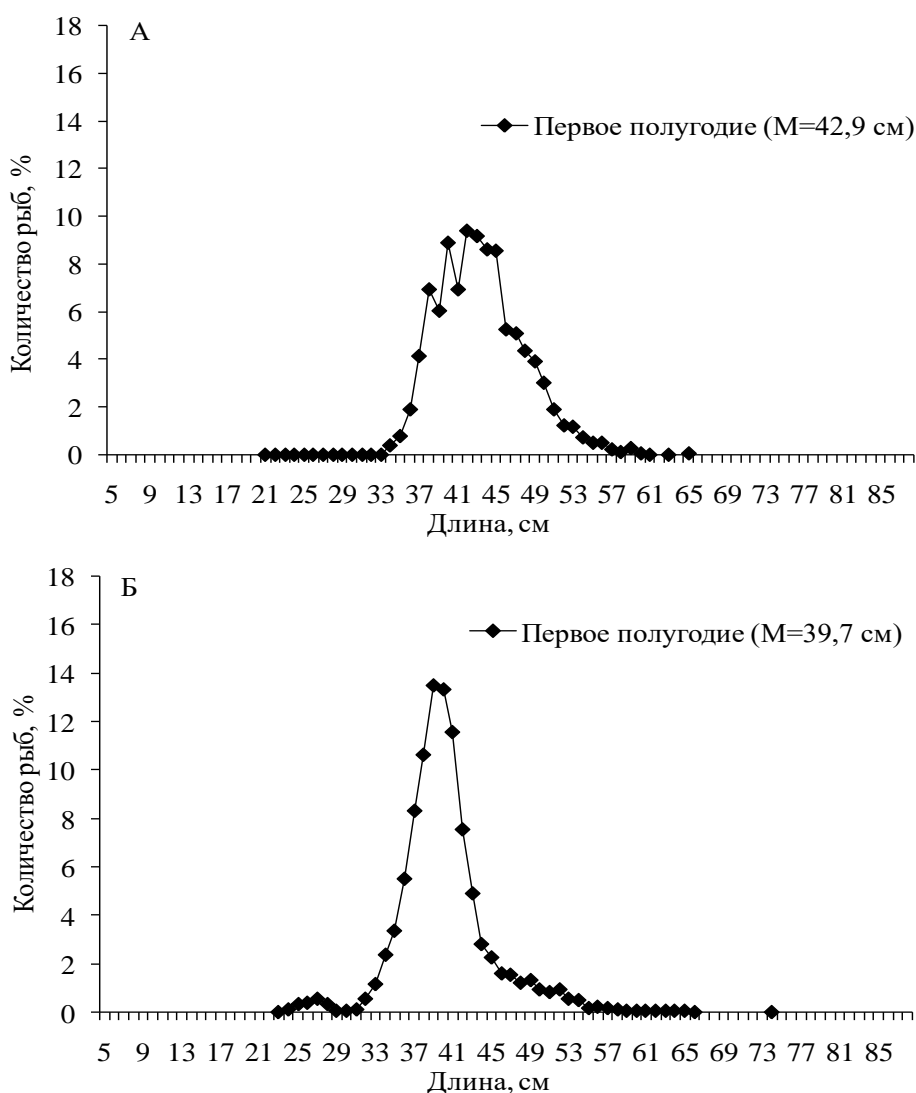


Рис. 70. Размерный состав минтая в Северо-Курильской зоне в промысловых уловах разноглубинным тралом (А) и снюрреводом (Б) в 2024 г.

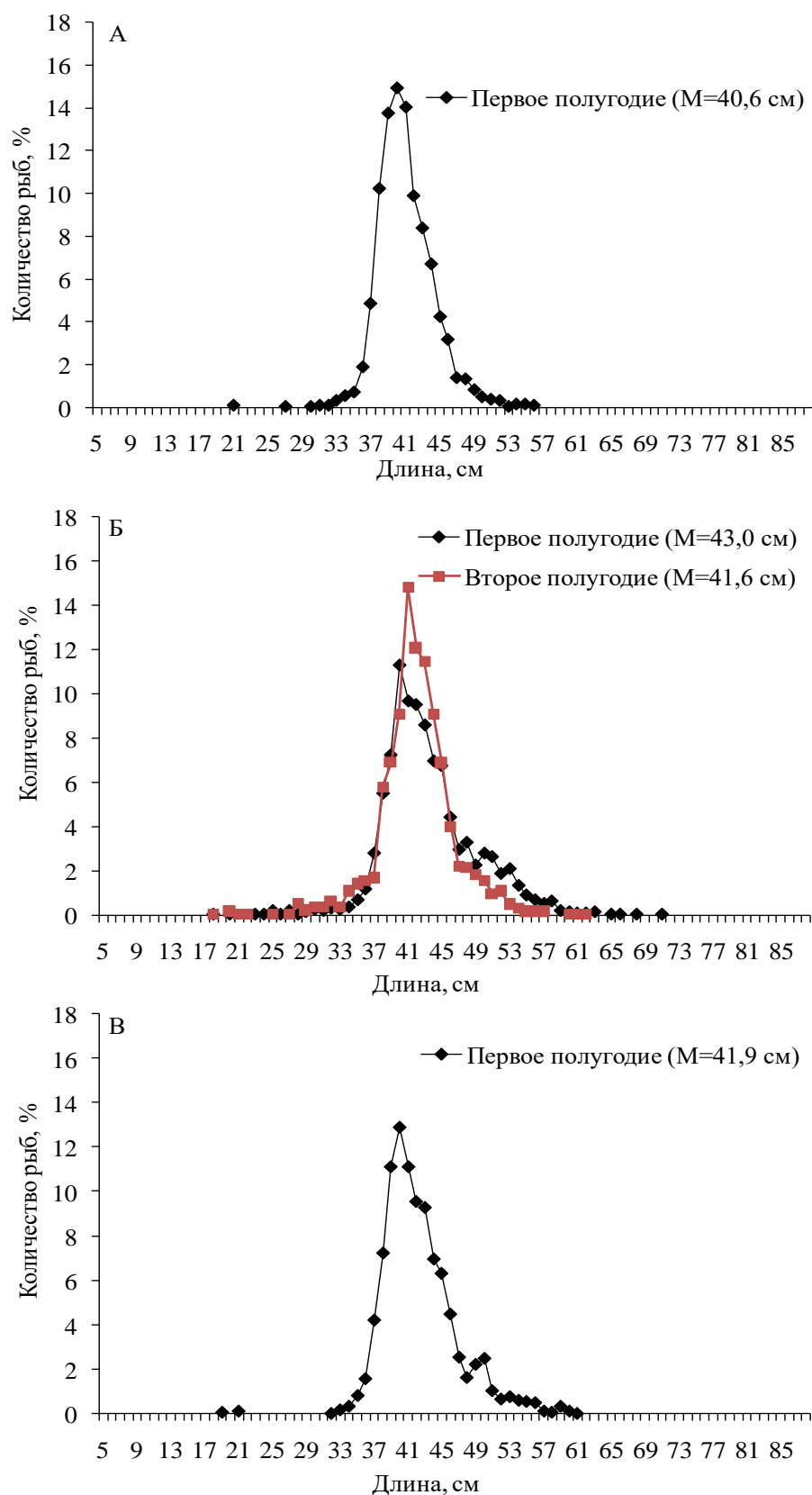


Рис. 71. Размерный состав минтая в Петропавловско-Командорской подзоне в промысловых уловах разноглубинным тралом (А), снюрреводом (Б) и донным тралом в 2024 г.

Итоговый размерный состав восточнокамчатского минтая в промысловых уловах рассчитывали по рыбопромысловым районам, типам

промысла и полугодиям с учетом вылова и средней массы рыб. Из-за недостаточного объема данных сделан ряд допущений:

— в Петропавловско-Командорской подзоне размерный состав минтая в уловах донным и разноглубинным тралом во втором полугодии принят таким же, как в первом;

— в Северо-Курильской зоне размерный состав минтая в уловах донным тралом принят таким же, как в первом полугодии в Петропавловско-Командорской подзоне; разноглубинным тралом и снюрреводом во втором полугодии таким же, как в первом полугодии.

Таким образом, в 2024 г. в промысловых уловах встречался минтай длиной от 18 до 74 см, а основу составляли рыбы размерных групп 38–44 см (64,2%) в возрасте 4–7 лет (82,1%) (рис. 72). Мода пришлась на 5-годовиков поколения 2019 г. (34,0%).

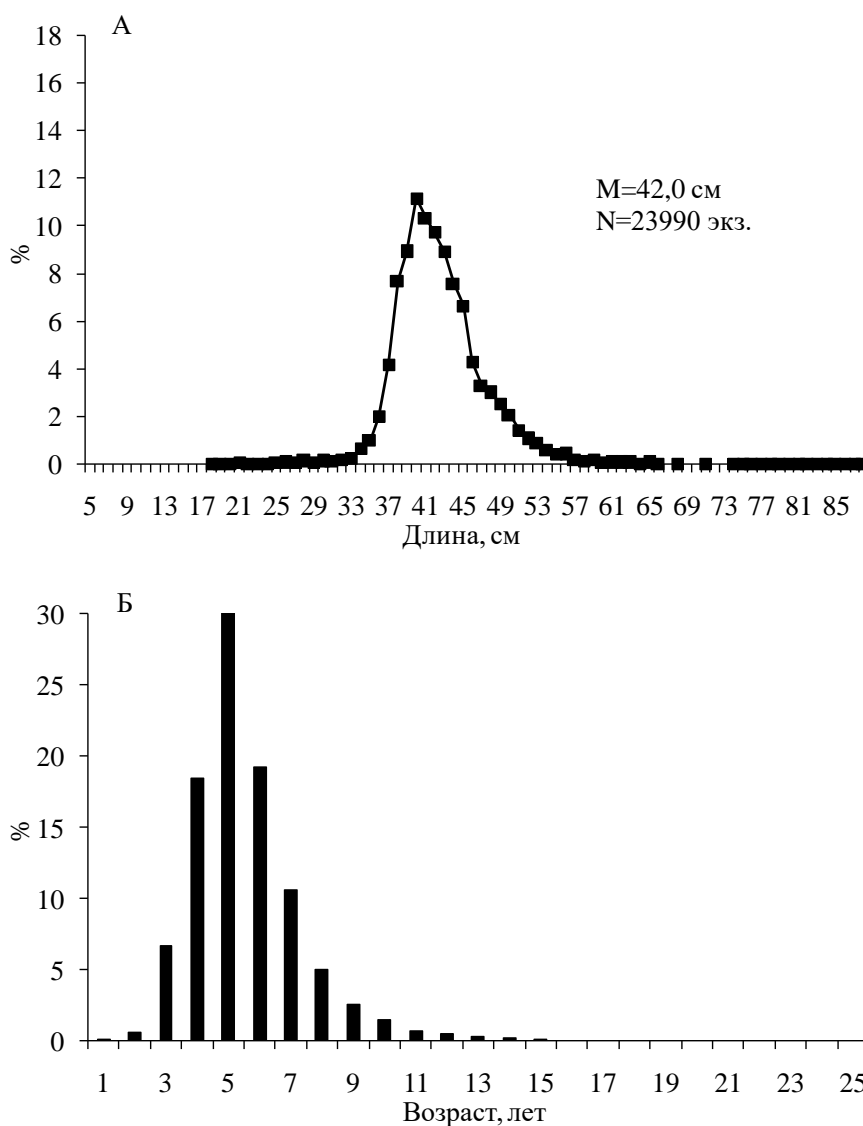


Рис. 72. Итоговый размерный (А) и возрастной (Б) состав восточнокамчатского минтая в промысловых уловах в 2024 г.

Сведения о размерно-возрастном составе восточнокамчатского минтая в промысловых уловах за последние 10 лет приведены на рисунках 73–74.

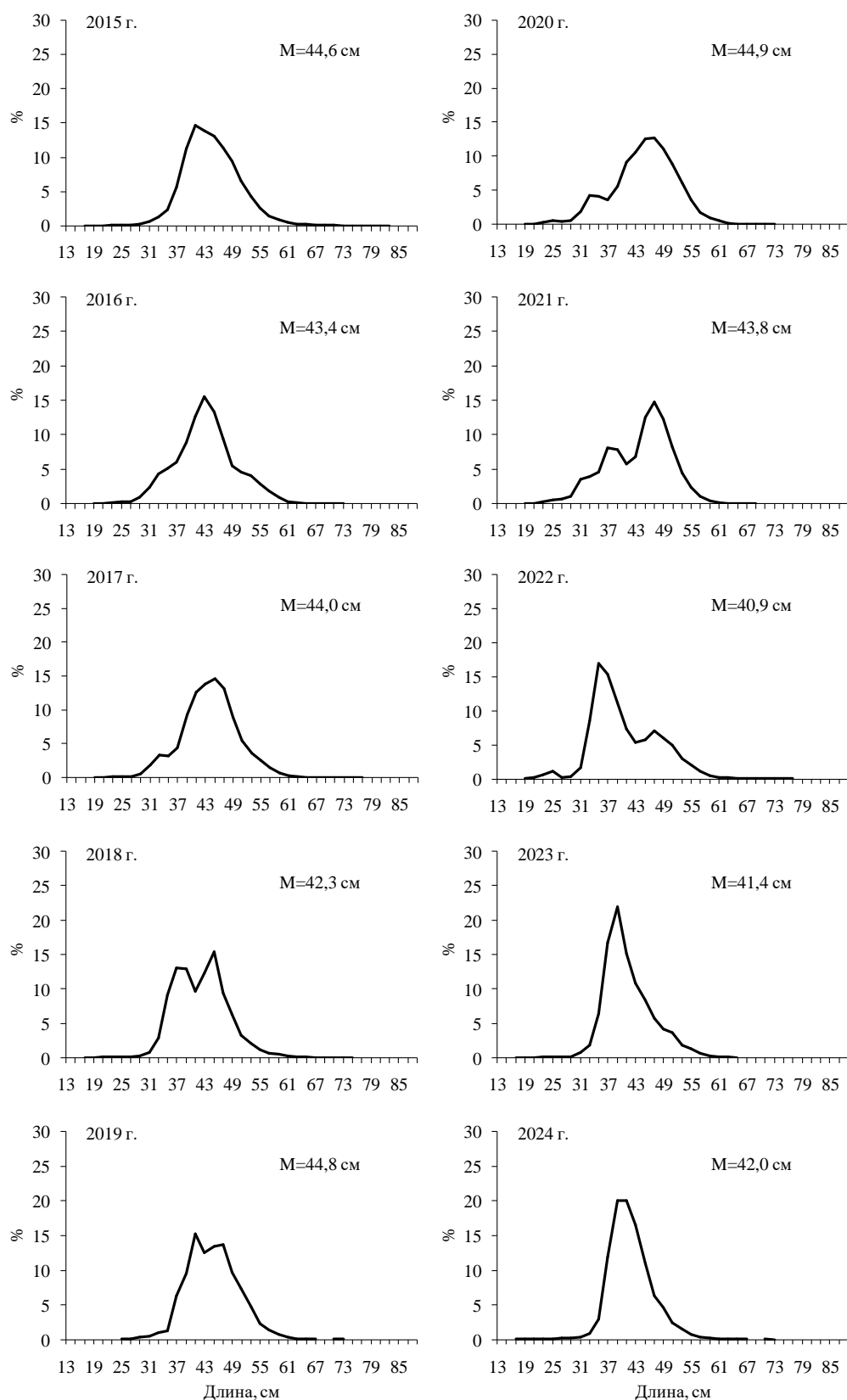


Рис. 73. Межгодовая динамика размерного состава восточнокамчатского минтая в промысловых уловах (указана средняя длина)

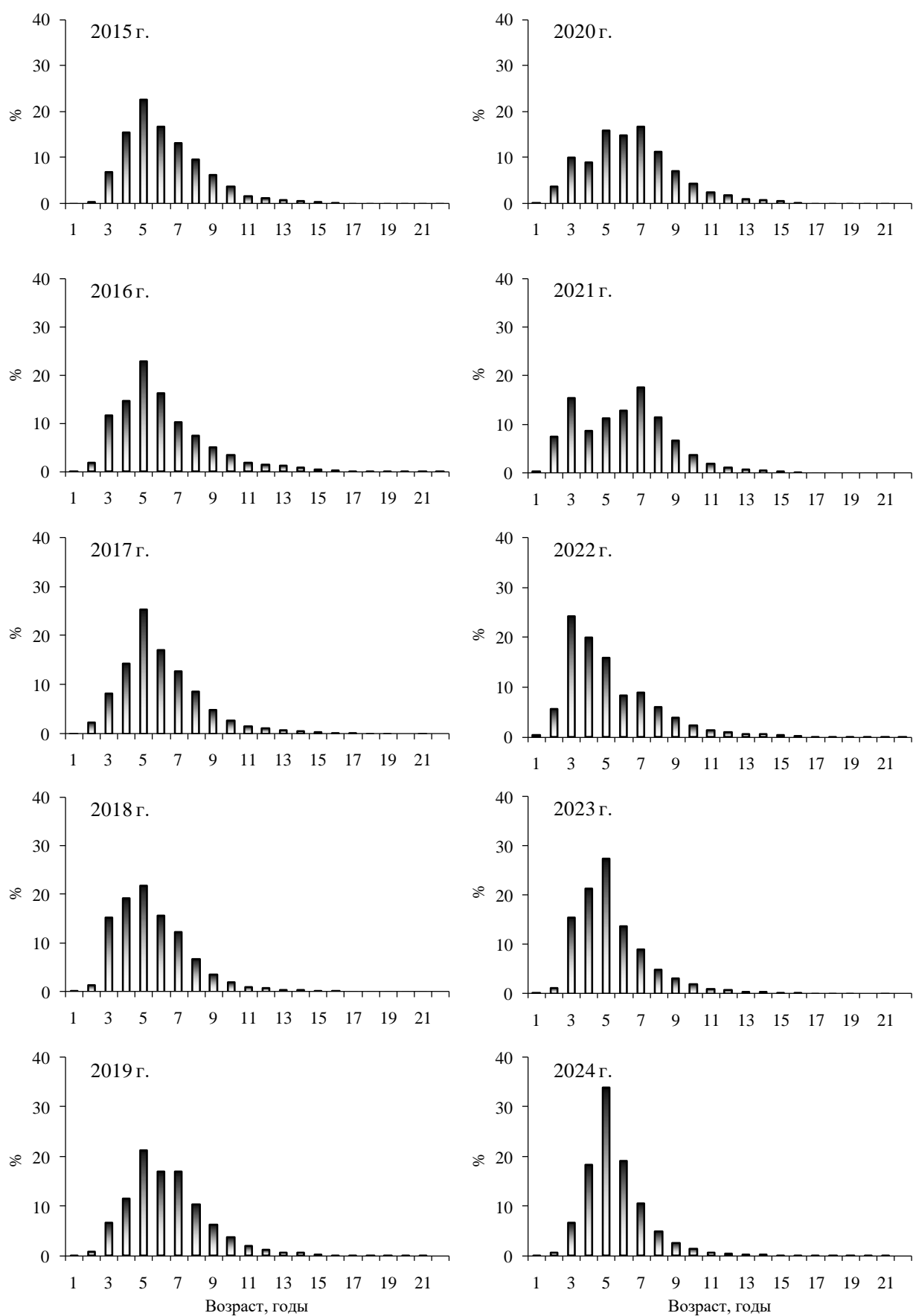


Рис. 74. Межгодовая динамика возрастного состава восточнокамчатского минтая в промысловых уловах

Их анализ позволяет отнести поколения 2000, 2001, 2003, 2018–2020 гг. к категории урожайных, 2011, 2014–2015 гг. — средних, остальные генерации — неурожайных.

Определение биологических ориентиров

С переходом в 2022 г. на когортную модель в пространстве состояний ориентиры управления для восточнокамчатского минтая были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились.

В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано медианное значение F_{msy} , т.е. $F_{tr}=0,203 \text{ год}^{-1}$. Граничный ориентир промысловой смертности определили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: $F_{lim}=0,241 \text{ год}^{-1}$. Величину F_0 приняли равной 0 год^{-1} .

Граничный ориентир по биомассе приняли равным минимальному значению нерестовой биомассы за моделируемый период с учетом неопределенности (верхняя граница 95% доверительного интервала): $B_{lim}=476$ тыс. т. Указанное значение вполне может быть принято в качестве граничного ориентира, т.к. запас восточнокамчатского минтая, по модельным оценкам, уже находился на этом уровне в 2001–2002 гг. и при этом не потерял способности к расширенному воспроизводству. В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее целевому ориентиру по промысловой смертности на кривой равновесной биомассы: $B_{tr}=SSB(F_{tr})=920,5$ тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], установили правило регулирования промыслом (ПРП) (рис. 75), цель которого поддержание запаса на уровне высокой продуктивности B_{tr} и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью F_{tr} .

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}), \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

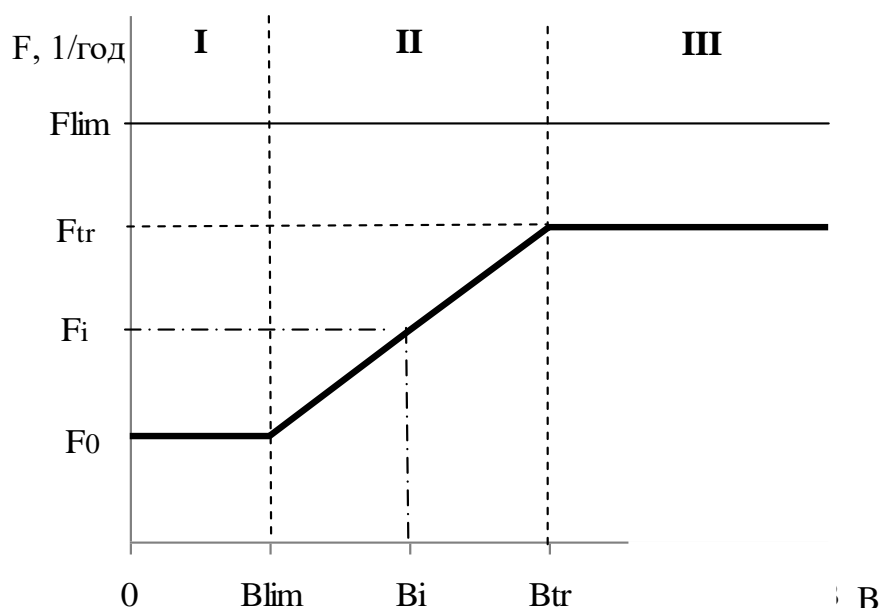


Рис. 75. Схема ПРП восточнокамчатского минтая

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, массы и доли половозрелых рыб по возрастам, что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициенты селективности по возрастам принимали равными средним за последние 10 лет значениям (рис. 65). Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. соответствует установленной на этот год величине ОДУ, равной 217,9 тыс. т.

В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднемноголетнюю численность 2-годовиков. По модельным оценкам, в 2025–2026 г. она составит 867,6 млн экз.

При сделанных выше предположениях о величине пополнения, в ближайшие 2 года ожидается постепенное увеличение ресурсов восточнокамчатского минтая (табл. 16). На начало 2025 г. нерестовый запас составит 1542,5 тыс. т, а на начало 2026 г. — 1649,5 тыс. т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2026 г. ниже целевого ориентира по биомассе равна 4%.

Таблица 16

Оценки численности и биомассы восточнокамчатского минтая в возрасте 2 года и старше в 2024–2026 гг.

	Возраст рыб, лет														Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Численность на начало года, млн экз.	968,3	1114,3	1242,2	975,2	490,6	216,0	111,6	78,7	57,2	37,4	24,6	15,5	9,5	5341,1	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,826	0,805	0,760	0,718	0,700	0,697	0,698	0,699	0,701	0,702	0,704	0,706	0,706		
Средняя масса рыб, кг	0,129	0,288	0,406	0,513	0,627	0,748	0,860	0,960	1,046	1,135	1,243	1,388	1,435		
Биомасса на начало года, тыс. т	124,9	320,9	504,3	500,3	307,6	161,6	95,9	75,6	59,9	42,4	30,6	21,5	13,7	2259,2	
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,0	9,6	129,1	399,2	293,8	161,6	95,9	75,6	59,9	42,4	30,6	21,5	13,7	1332,9	
2025															
Численность на начало года, млн экз.	867,6	799,5	897,0	944,2	699,9	343,7	150,6	77,8	55,0	40,1	26,2	17,3	10,9	4929,8	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,007	0,025	0,070	0,123	0,149	0,155	0,155	0,153	0,151	0,149	0,146	0,144	0,142		
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,828	0,813	0,778	0,737	0,718	0,714	0,714	0,715	0,717	0,719	0,720	0,722	0,722		
Средняя масса рыб, кг	0,129	0,288	0,406	0,513	0,627	0,748	0,860	0,960	1,046	1,135	1,243	1,388	1,435		
Биомасса на начало года, тыс. т	111,9	230,2	364,2	484,4	438,8	257,1	129,5	74,7	57,5	45,5	32,6	24,1	15,7	2266,2	
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,0	6,9	93,2	386,5	419,1	257,1	129,5	74,7	57,5	45,5	32,6	24,1	15,7	1542,4	
2026															
Численность на начало года, млн экз.	867,6	718,5	650,2	697,5	696,3	502,7	245,3	107,5	55,7	39,4	28,8	18,9	12,5	4641,0	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,009	0,032	0,091	0,160	0,194	0,203	0,202	0,200	0,197	0,194	0,191	0,188	0,185		
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,826	0,807	0,761	0,710	0,686	0,681	0,681	0,683	0,685	0,687	0,689	0,691	0,691		
Средняя масса рыб, кг	0,129	0,288	0,406	0,513	0,627	0,748	0,860	0,960	1,046	1,135	1,243	1,388	1,435		
Биомасса на начало года, тыс. т	111,9	206,9	264,0	357,8	436,6	376,0	211,0	103,2	58,2	44,8	35,8	26,2	18,0	2250,4	
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,0	6,2	67,6	285,5	417,0	376,0	211,0	103,2	58,2	44,8	35,8	26,2	18,0	1649,5	
ОДУ, тыс. т	0,9	6,0	21,0	48,5	70,7	63,3	35,4	17,1	9,5	7,2	5,7	4,1	2,8	292,3	

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Полученная оценка нерестовой биомассы восточнокамчатского минтая на начало 2026 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 75). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит 0,203 год⁻¹.

Величину вылова на прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=i_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \text{ [Бабаян, 2000]}, \text{ где:}$$

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j -ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно ПРП, детерминированная оценка возможного вылова восточнокамчатского минтая в 2026 г. составила 292,3 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса восточнокамчатского минтая при реализации ПРП. С помощью процедуры риск-анализа [Francis, 1991] проводился анализ эффективности выбранной схемы регулирования. При этом оценивалась вероятность нежелательных последствий для запаса при реализации данной стратегии рыболовства в рамках указанного выше метода Монте-Карло.

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляются внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляются с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделируется динамика запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций ($n=1000$) осуществляется статистическая обработка полученной выборки.

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса восточнокамчатского минтая не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 76). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелома по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$.

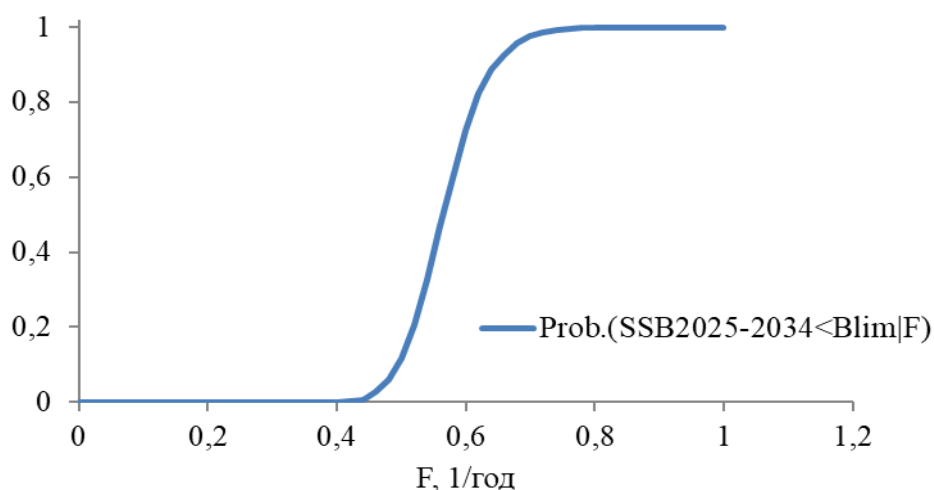


Рис. 76. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет), при среднемноголетней величине пополнения и рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия. Как видно на рисунке 77, при сделанных предположениях относительно массы, пополнения и селективности и при соблюдении ПРП запас восточнокамчатского минтая с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы, оставаясь выше уровня целевого ориентира по нерестовой биомассе. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет причин отказаться от действующей стратегии управления промыслом.

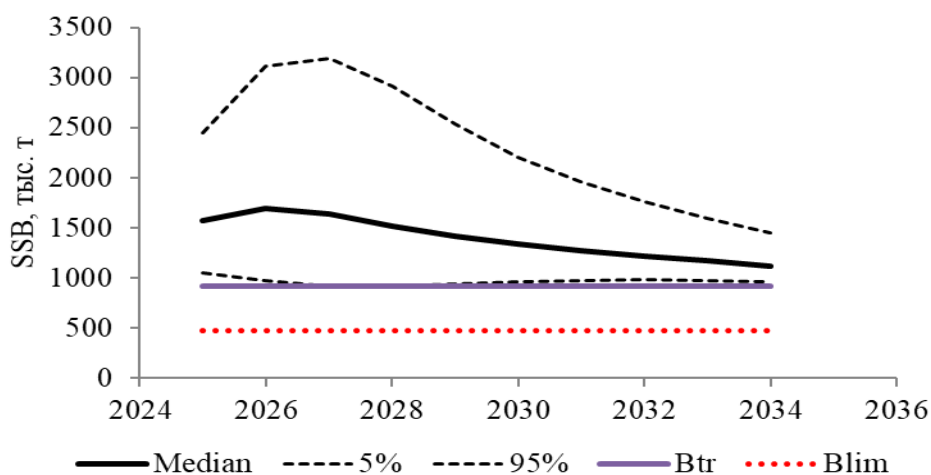


Рис. 77. Модельная динамика биомассы нерестового запаса восточнокамчатского минтая при рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия

ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, поэтому необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятой стратегии управления запасом, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели

методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ODU_{2025}, ODU_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ODU_{2025}, ODU_{2026})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению при величине вылова восточнокамчатского минтая, равной 292,3 тыс. т, не превышает рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000], однако риск перелова по росту превышает 0,2 (рис. 78). Из данных, приведенных на рисунке 78, видно, что риск перелова равен 0,2 при величине возможного вылова в 265,0 тыс. т, которое и рекомендовано на 2026 г.

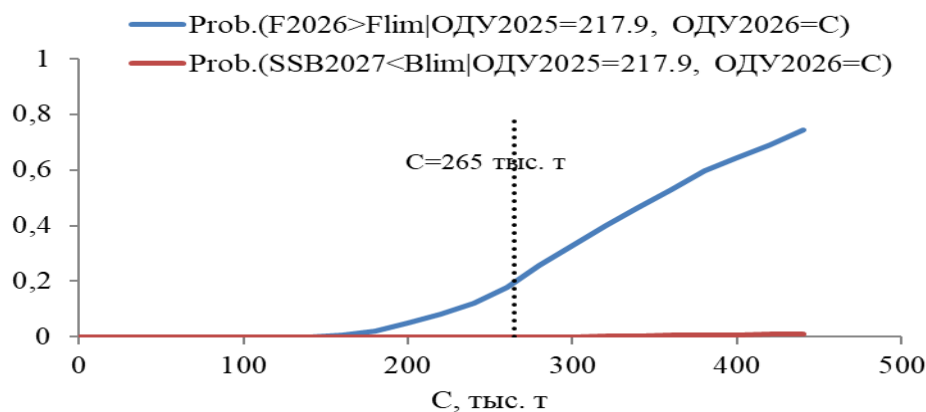


Рис. 78. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса восточнокамчатского минтая

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2013 по 2024 гг. и ближайшую перспективу, представлен на рисунке 79.

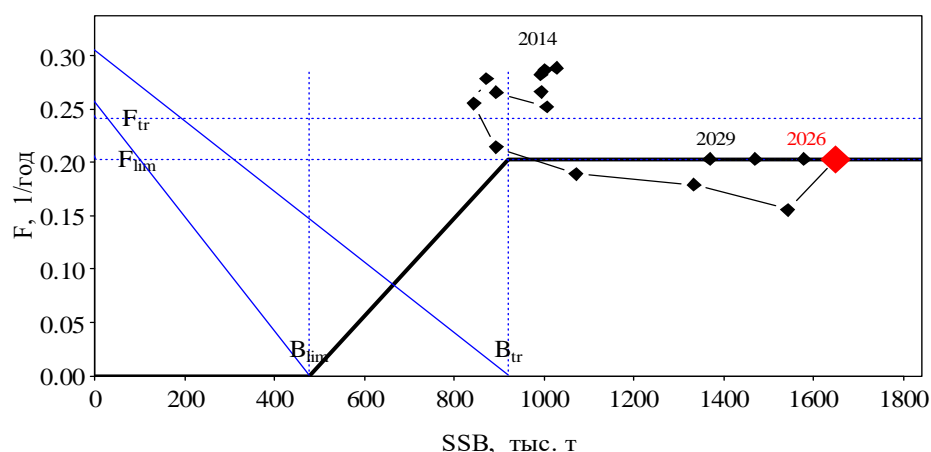


Рис. 79. Реализация правила регулирования промысла восточнокамчатского минтая

По практике прошлых лет, общий вылов восточнокамчатского минтая разделили следующим образом: подзона Петропавловско-Командорская — 117,9 тыс. т (44,5%), зона Северо-Курильская — 147,1 тыс. т (55,5%).

Таким образом, ОДУ минтая в 2026 г. составит в Петропавловско-Командорской подзоне 117,900 тыс. т, в Северо-Курильской зоне — 147,100 тыс. т.

61.04 - Зона Южно-Курильская

Исполнитель: С.Л. Овсянникова («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

При формировании прогноза использованы ретроспективные данные, собранные сотрудниками «ТИНРО» в водах южных Курильских о-вов в 1999-2023 гг. В 2024 г. исследования проводились на НИС «Профессор Кагановский» в период с 20 по 30 марта на стандартном полигоне с тихоокеанской и охотоморской стороны южных Курильских о-вов, включая о-в Уруп. В 2024 г. была выполнена акустическая съемка в сопровождении контрольных тралений, так как в последние годы результаты траловых съемок не отражали тенденцию роста уловов в этой промысловой зоне. Это позволило значительно увеличить общую площадь обследованной акватории, которая составила 20,8 тыс. км². Всего было выполнено 22 траления. Данные по размерному составу промысловых уловов были собраны сотрудниками «ТИНРО» на станции «Океаническая» на рыбоперерабатывающем заводе в пос. Крабозаводское (о-в Шикотан).

Для анализа промысла использована информация суточных судовых донесений (ССД), данные ОС «Мониторинг», также привлечены материалы по вылову японским флотом в зоне России, предоставленные в рамках Межправительственного Соглашения. Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Обоснование выбора методов оценки запаса

Состояние запасов южнокурильского минтая, начиная с 1999 г. ежегодно оценивается по результатам комплексных научно-исследовательских экспедиций. В 2023-2024 гг. эти исследования были проведены с тихоокеанской стороны и охотоморской стороны района. В период с 2016 по 2022 гг. по тем или иным причинам съемки проводились с тихоокеанской стороны и лишь частично с охотоморской, за счет чего происходил недоучет промысловой части запаса в Охотоморской подзоне Южно-Курильской зоны.

В настоящее время для подготовки прогноза ОДУ доступны размерно-возрастные ряды по данным научно-исследовательских траловых съемок с 1999 г., исторические ряды уловов, промысловых усилий и уловов на единицу промыслового усилия по данным судовых суточных донесений (ССД) с 2003 г. С 2022 г. готовятся возрастные ряды промысловых уловов,

матрица вылова и среднегодовые значения биологических характеристик (масса и доля половозрелых рыб по возрастным классам).

Исходя из структуры имеющейся многолетней информации о состоянии запасов и промысла, с учетом качества собранных в 2024 г. данных, информационная обеспеченность прогноза соответствует I уровню. С 2019 г. для оценки запаса и обоснования ОДУ применялись модели прибавочной продукции и с использованием пакета прикладных программ (ППП) «COMBI4.0». Согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 и «Методическим рекомендациям по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов» [Методические рекомендации..., 2018], для расчета ОДУ по данным, соответствующим I уровню информационного обеспечения, необходимо применять когортные модели. Из перечня рекомендованных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез», которая в 2022 г. впервые была применена для оценки и прогноза состояния запаса и определения ОДУ минтая Южно-Курильской зоны на 2024 г.

Мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) по возрастам рассчитан в программе «Methods» по методике Тюрина [1972]. Расчет запасов и ОДУ, а также анализ рисков проводились по программе «ТАС». Целевые ориентиры и правило регулирования промысла (ПРП) рассчитаны в программе «COMBI 4.0». В качестве настроечных индексов в модели использованы данные тралово-акустических съемок «ТИНРО» с 1999 г.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние промысла. В Южно-Курильской промысловой зоне в 1970-1980-е гг. прошлого столетия добывалось 9–26% суммарного ежегодного вылова в рыболовной зоне России и до 10% мирового улова этого вида. В этот период российский вылов достигал более 400 тыс. т в год (табл. 17) [Фадеев, Веспестад, 2001].

Таблица 17

Российский годовой вылов минтая в Южно-Курильской зоне в 1986-2024 гг., тыс. т

Год	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Вылов	400	313	380	422	395	203	161	69	17	5	3	6
Год	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Вылов	24	25,6	42,2	18,6	8,9	8,1	4,9	5,0	5,7	5,3	6,8	28,8
Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Вылов	55,2	76,9	98,2	97,5	79,0	86,8	73,9	86,8	69,9	100,0	92,0	
Год	2021	2022	2023	2024								
Вылов	106,7	122,7	123,9	143,2								

Значительное сокращение вылова началось с 1991 г., а в 1995–1997 гг. минтай ловился только как прилов при промысле других объектов. В 1998 г. специализированный промысел был восстановлен в связи с небольшим

подъемом запасов, годовой вылов составил 24 тыс. т. До 2001 г. наблюдался рост вылова до 42,2 тыс. т, а с 2002 г. он постепенно снизился до 5–7 тыс. т в год. С 2001 г. на фоне сокращения численности старшевозрастного минтая, ОДУ снижался (рис. 80).

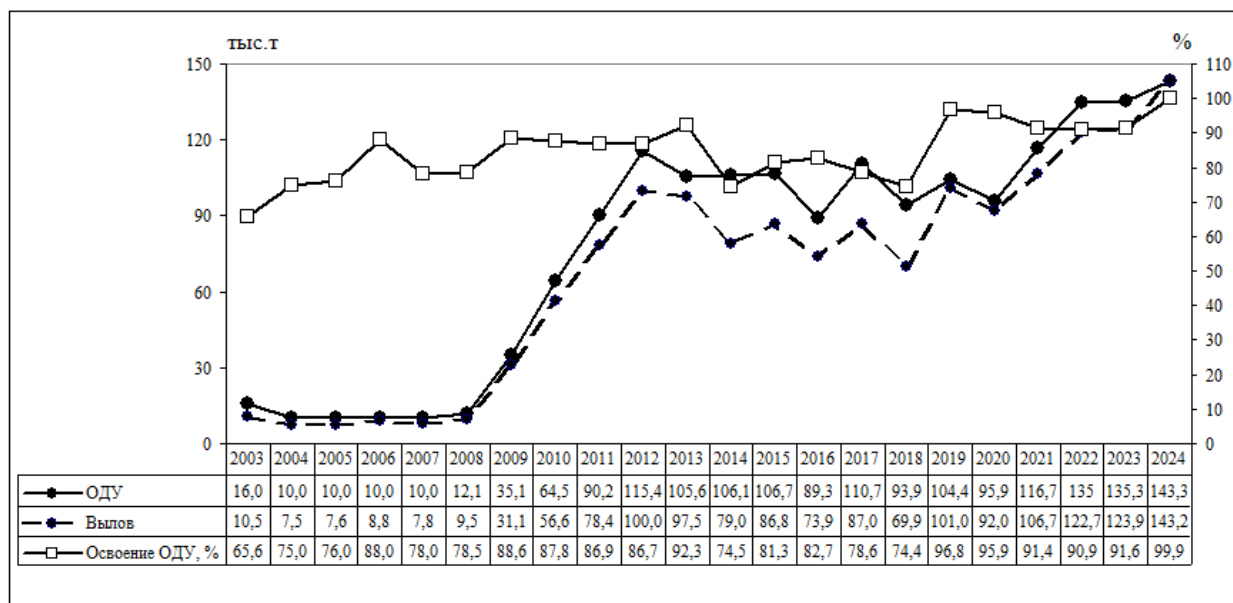


Рис. 80. ОДУ, вылов и освоение ОДУ минтая в Южно-Курильской зоне в 2003–2024 гг.

В 2009-2013 гг. промысел минтая активизировался, в том числе и в нагульный период в связи с ростом запасов (рис. 80). В 2010-е гг. с мая по сентябрь преимущественно в районе Малой Курильской гряды добывалось в среднем 50% от суммарного годового вылова минтая (рис. 81). В 2017-2019 гг. увеличение месячного вылова стало наблюдаться в конце лета – начале осени. Так в 2017 г. активизация промысла началась только в августе, а в сентябре был отмечен рекордный месячный вылов – 24,2 тыс. т (рис. 81). В 2020-2022 гг. картина помесечной динамики вылова была типичной, относительно высокие уловы наблюдались в зимние месяцы, когда образуются нерестовые скопления, и в летние месяцы при облове нагульных скоплений. В марте-апреле и августе-октябре обычно отмечалось снижение промысловых показателей.

В I квартале 2023 г. вылов был рекордным со второй половины 2010-х гг. и составил 29,4 тыс. т (рис. 81). Во II квартале вылов также превысил среднюю, составив 32,6 тыс. т, но несколько уступил прошлогоднему показателю (35,1 тыс. т). В III квартале в октябре наблюдался максимальный показатель по вылову за месяц за период с 1998 г. (28,8 тыс. т), а также в целом за квартал, превысив средний вылов за этот период с 2015 г. в 1,9 раза. В IV квартале вылов варьировал в пределах 2,4-10,2 тыс. т, снижаясь к концу года, а в сумме за этот период составил 20,2 тыс. т, что находится на среднем относительно последних лет уровне. Поквартально освоение ОДУ выглядело следующим образом: I квартал – 20,5 %, II – 22,7, III – 44,5, IV – 14,1%. В сумме освоение ОДУ было превышено на 1,8% или

2,5 тыс.т. Основной промысел как во все последние годы велся в нагульный период. Максимальный вылов отмечался с июня по октябрь, когда в сумме было добыто 81,7 тыс. т (57,0% ОДУ).

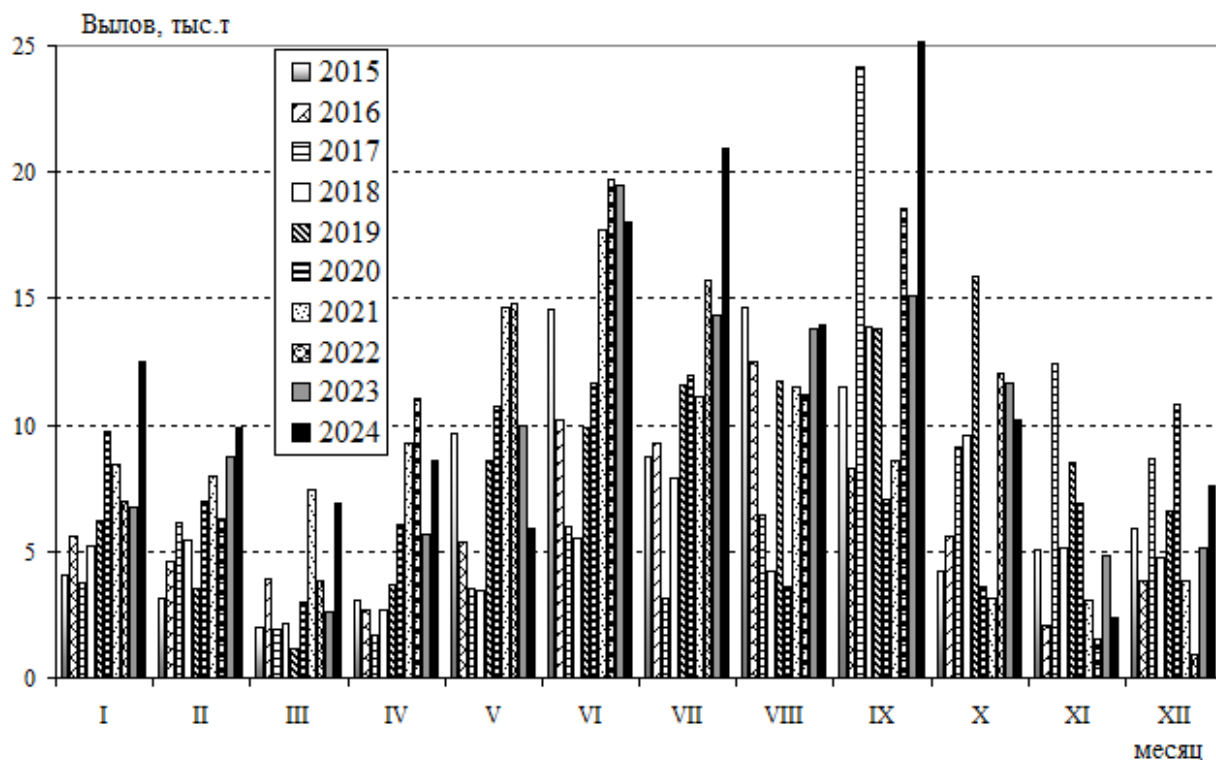


Рис. 81. Помесячный вылов минтая в Южно-Курильской зоне в 2015-2024 гг.

Данные по размерному составу уловов в Южно-Курильской зоне собирались наблюдателями «ТИНРО» в течение всего года при сдаче их на рыбоперерабатывающий завод в пос. Крабозаводское (о-в Шикотан) (рис. 82). В 2020 г. состав уловов при промысле минтая был одномодальным, и на 56% состоял из рыб 34-40 см 2016-2017 гг. рождения (рис. 83). На долю старшевозрастных производителей более 40 см приходилось около трети уловов по численности (31%). В 2021 г. основу уловов составлял минтай 35-47 см (86%), а доля рыб непромысловой длины была низкой (8,5%). В возрастном составе доминировали 4-5- годовики. Как и в предыдущие годы, вылов в 2022 г. был основан на поколениях 2016-2017 гг. рождения (рис. 83). Основу уловов составлял минтай длиной 40-48 см, на который приходилось 78% в размерном ряде. В 2023 г. хотя 6-7-годовики урожайных поколений составляли 37,6% от численности уловов, стала заметна убыль этих возрастных классов, за счет чего увеличилась доля 5-годовиков (28,3%) и 3-4-годовиков (24,7%). За счет увеличения в размерно-возрастном составе доли младшевозрастной рыбы доля минтая непромысловой длины в 2023 г. возросла по сравнению с предыдущими годами и в среднем за год составила 16,2%.

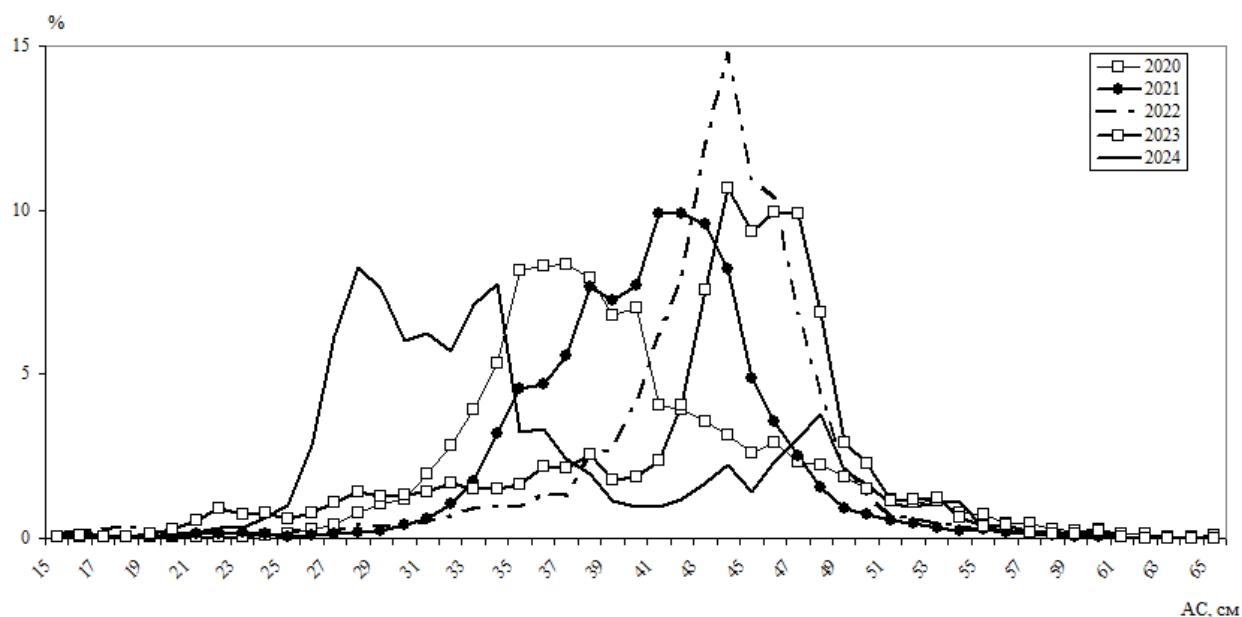


Рис. 82. Размерный состав промысловых уловов минтая в Южно-Курильской зоне в 2020-2024 гг.

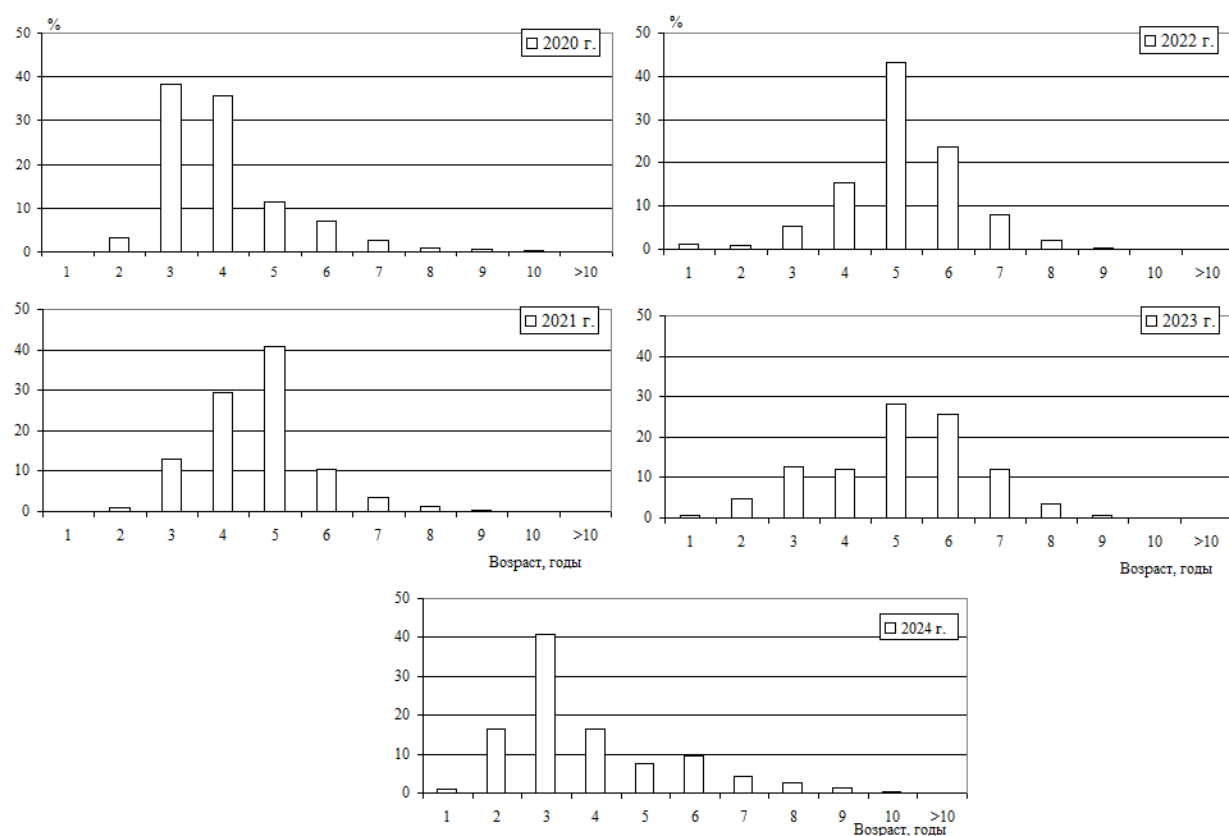


Рис. 83. Возрастной состав промысловых уловов минтая в Южно-Курильской зоне в 2020-2024 гг.

В целом за счет отсутствия урожайных поколений после 2017 г. основу уловов в 2020-2024 гг. составлял минтай 2016-2017 гг. рождения, за счет чего размерно-возрастной состав для Южно-Курильской зоны, где обычно

доминировала неполовозрелая молодь, выглядел нетипично. В 2024 г. в составе промысловых уловов вновь доминировала молодь – минтай длиной 26-36 см, на которую приходилось 64,3% уловов по численности, а также 20,5% составляла крупная рыба длиной 42-51 см. В возрастном составе 40,7% приходилось на 3-годовиков 2022 г. рождения, а среди производителей максимальной была доля 6-годовиков 2019 г. рождения (9,5%).

Результативность промысла минтая отражают показатели работы флота (рис. 84). В соответствии с состоянием промыслового запаса, минимальные величины суточного вылова как у крупнотоннажного (КТФ), так и у среднетоннажного (СТФ) флота наблюдались до 2009 г. Затем в 2009–2013 гг. у КТФ отмечалось резкое увеличение вылова до 62–76 т/судосутки, а у СТФ уловы постепенно выросли до 31–43 т/судосутки. В 2014–2018 гг. было небольшое снижение, а с 2019 г. промысловые показатели резко пошли вверх, достигнув максимума в 2022 г.: у КТФ — 109,3 у СТФ — 120,4 т/судосутки. Конечно, динамика промысловых показателей, в первую очередь обусловлена состоянием запасов минтая. Однако, помимо этого, на результативность промысла заметное влияние оказывает и его организация. Что касается увеличения суточного вылова у СТФ, это связано с тем в 2022 г., как и несколько прошлых лет, в районе работали современные СТФ, способные за сутки добывать до 400–450 т минтая. Также в последние годы среднетоннажные суда переоснастили тралами типа «Атлантика» и другими, уловистость которых намного выше ранее использовавшихся. За счет этого производительность промысла минтая в Южно-Курильской зоне заметно выросла. В немалой степени рост уловов на судосутки в последние годы был связан со сдачей уловов на береговые предприятия в живом, свежем и охлаждённом виде. Это позволяет учитывать весь улов, в том числе и молодь, которая в дальнейшем также идет в переработку [Овсянникова, Овсянников, 2022]. В 2023 г. промысловые показатели у всех групп флота снизились, особенно у КТФ, составив в среднем за год 77,7 т/судосутки, а у СТФ – 112,2 т/судосутки лова. Наиболее вероятной причиной является естественная и промысловая убыли урожайных поколений 2016-2017 гг. рождения. В 2024 г. промысловые показатели у всех групп флота вновь значительно возросли, что несомненно связано с увеличением численности Итуруп. У СТФ среднесуточные показатели вылова достигли рекордного за весь период промысла с 1999 г. уровня и составили 175,5 т/судосутки лова, а у КТФ восстановились до уровня 2022 г. В последние годы за счет среднетоннажных судов наливными охлаждаемыми танками эта группа флота по показателям опережает крупнотоннажный флот.

В итоге в 2024 г. в Южно-Курильской зоне добыто 143,2 тыс. т минтая или 99,9% ОДУ, равного 143,3 тыс. т. Нужно отметить, что в последние 6 лет уровень освоения ОДУ в Южно-Курильской зоне составляет более 90% (рис. 80). Из этого количества вылов Японии по межправительственному соглашению составил 89,9 т.

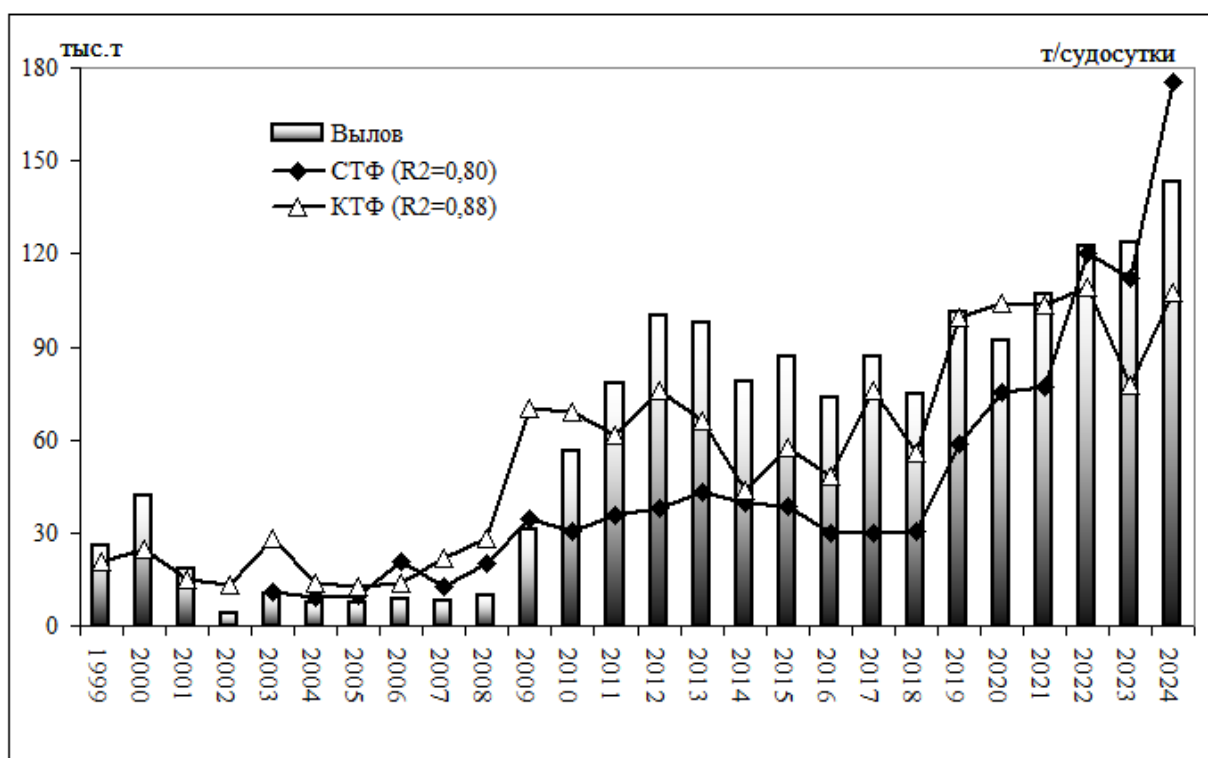


Рис. 84. Вылов минтая и суточные уловы по группам флота в Южно-Курильской зоне в 1999–2023 гг.

Текущее состояние запасов. Оценка состояния запасов минтая в южно-курильском районе ведется по результатам траловых съемок, которые проводятся ежегодно с 1999 г. в весенний период. Стремительный рост численности минтая в ЮКР был зафиксирован в 2006-2009 гг. и был обусловлен появлением высокоурожайных поколений в 2005 и 2007 гг., урожайных в 2008-2009 гг. и среднеурожайного в 2006 г. Учетная численность годовиков высокоурожайных генераций составляла 12,1-15,3 млрд экз. Помимо этих поколений, численность среднеурожайного поколения 2006 г. рождения в возрасте года была оценена в 1,2 млрд экз., а годовики урожайных 2008–2009 гг. рождения составляли 5,8 и 3,1 млрд экз., соответственно [Овсянникова, 2012].

В 2011-2015 гг. урожайные поколения появлялись не так часто, как в предыдущий период, а их численность была ниже. В 2011-2012 гг. в возрастной структуре доминировал минтай 2007-2009 гг. рождения (рис. 85). В 2013-2015 гг. по численности выделялись рыбы 2012-2014 гг. рождения, численность годовиков которых составляла 6,3, 1,3 и 8,4 млрд экз., соответственно. Поколения 2012 и 2014 гг. рождения оценены как урожайные, а 2013 г. рождения – как среднеурожайное. Во второй половине 2010-х гг. появилось 2 урожайных поколения.

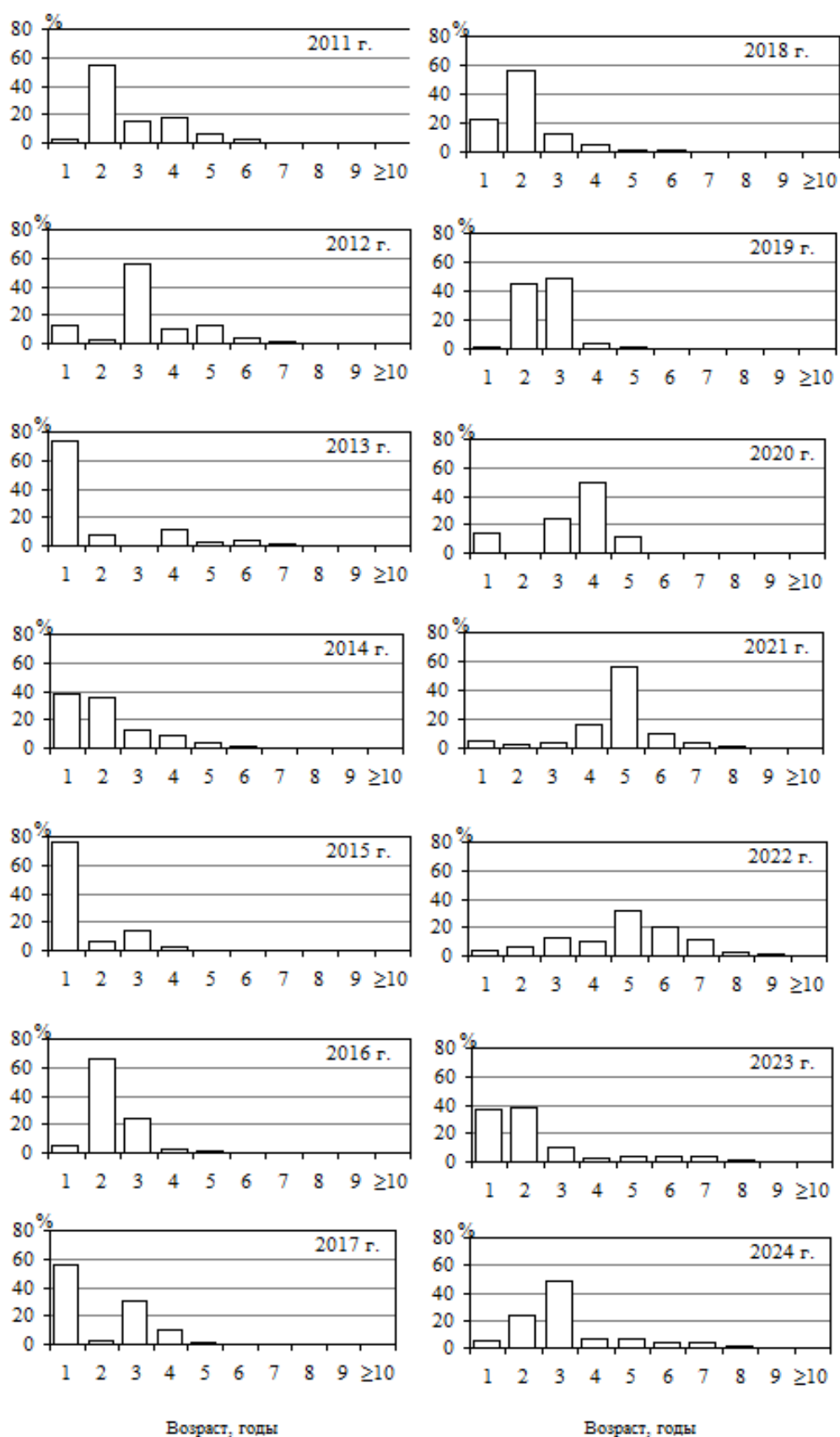


Рис. 85. Возрастной состав минтая в южнокурильском районе в 2011-2024 гг.

В 2017 г. численность годовиков составляла 2,8 млрд экз., а в 2018 г. проведение съемки за границами 12-мильной зоны помешало оценить в полном объеме численность поколения 2017 г. рождения, которое в

последующие годы прослеживалось в размерно-возрастной структуре как урожайное. Эти поколения доминировали в структуре запасов все последующие годы до 2022 г. включительно. В 2023 г. их численность заметно сократилась, а в возрастной структуре доминировали 1-2-годовики 2021-2022 гг. рождения, составляя примерно равные доли 36,7 и 37,5%, соответственно.

Оценка запаса. Численность и биомасса минтая рассчитывались методом площадей [Аксютин, 1968]. Для годовиков применялся коэффициент уловистости 0,1, для рыб старше года – 0,4.

Динамика запасов минтая в водах южных Курильских о-вов подвержена значительным колебаниям. По ретроспективным данным, биомасса минтая в этом районе изменялась от 1,2 млн т в конце 1980-х гг. до 80 тыс. т в середине 2000-х, т.е. в 15,6 раза. В 2011-2012 гг. биомасса минтая оценивалась в 767 и 875 тыс. т, соответственно. С учетом того, что снижение запасов началось в начале 1990-х гг., в 2011-2012 гг. в этом районе наблюдался максимум биомассы минтая за более чем 20-летний период. В эти годы и еще в 2015 г. съемки были выполнены с охватом всей акватории района, и получены самые высокие оценки запасов в прошлом десятилетии. Даже с учетом недооценки в 2013-2014 гг. в среднем в 2011-2015 гг. биомасса минтая была на высоком уровне и составляла 717 тыс. т. Во второй половине 2010-х гг. и начале текущего десятилетия, как указывалось выше, ни разу не удалось провести съемку на всей акватории ЮКР, поэтому сравнение с предыдущими периодами возможно только по оценкам с тихоокеанской стороны. Наиболее высокий уровень в этом районе был зафиксирован раньше, чем пик общего запаса в ЮКР – с 2006 по 2010 гг. с максимумом в 2008 г. (678 тыс. т) (рис. 86). В 2011-2015 гг. биомасса варьировала от 356 до 552 тыс. т (в среднем 442 тыс. т), а после 2015 г. снижалась и в среднем во второй половине 2010-х гг. составляла 357 тыс. т. По многолетним данным средний уровень биомассы минтая с тихоокеанской стороны ЮКР составляет 300 тыс. т.

В 2021-2022 гг. она оценивалась в 208,7 и 251,5 тыс. т, соответственно. Динамика биомассы минтая в тихоокеанских водах ЮКР всегда связана с численностью минтая до 3-4 лет, так как здесь находится район роста и нагула молоди. С началом созревания с возраста 3 года минтай перемещается на нерестилища. В 2021 г. урожайные поколения 2016-2017 гг. рождения вступили в нерестовый запас и по большей части находились в охотоморских водах, за счет чего биомасса минтая в тихоокеанских снизилась. По данным съемок, проведенных на всей акватории района, биомасса минтая с охотоморской стороны варьировала в пределах 28–50% от общего учтенного в ЮКР запаса, и в начале 2020-х гг. за счет низкой численности молоди вероятнее всего находилась на верхнем пределе. Т.е. если в 2022 г. с тихоокеанской стороны было учтено 251,5 тыс. т минтая, то суммарно в ЮКР биомасса минтая составляла не менее 500 тыс. т, т.е. не ниже среднего уровня [Овсянникова, Овсянников, 2022]. В 2023 г. акустическая съемка была проведена на всей акватории Южно-Курильской зоны, а учтенная

биогаз и численность составила 2643,7 млн экз. 421,6 тыс. т. Из них с тихоокеанской стороны района была учтена наибольшая часть запаса – 2394,9 млн экз. и 281,4 тыс. т. В сравнении с 2022 г. общая численность увеличилась почти на 2 млрд экз., а биомасса на 170 тыс. т. По результатам исследований 2023 г. численность поколений 2021-2022 гг. рождения была оценена в 897,8 и 878,8 млн экз., что с трудом позволяло отнести их к среднеурожайным классам. Предполагалось, что съемки последующих лет, возможно, покажут более высокую численность этих поколений.

В 2024 г. в структуре скоплений доминировали те же поколения в возрасте 2 и 3 года, на которых приходилось 24,2 и 48,2% от общей учтенной численности минтая, соответственно. Запасы минтая были оценены в 455,2 тыс.т или 2089,1 млн экз. По сравнению с 2023 г. биомасса выросла на 33,6 тыс. т за счет индивидуальных приростов массы тела доминирующих поколений, а численность логично снизилась за счет естественной смертности, в том числе минтая 2016-2017 гг. рождения, который составлял основу запасов в конце 2010 – начале 2020-х гг.

Межгодовую динамику запасов можно проследить по их состоянию в тихоокеанских водах, где съемки проводятся ежегодно, которая в 2024 г. была близка к среднемугодовой (300 тыс.т) (рис. 86). Общая биомасса 455,2 тыс. т также находится около среднего уровня, который для всего района оценивается в 500 тыс. т.

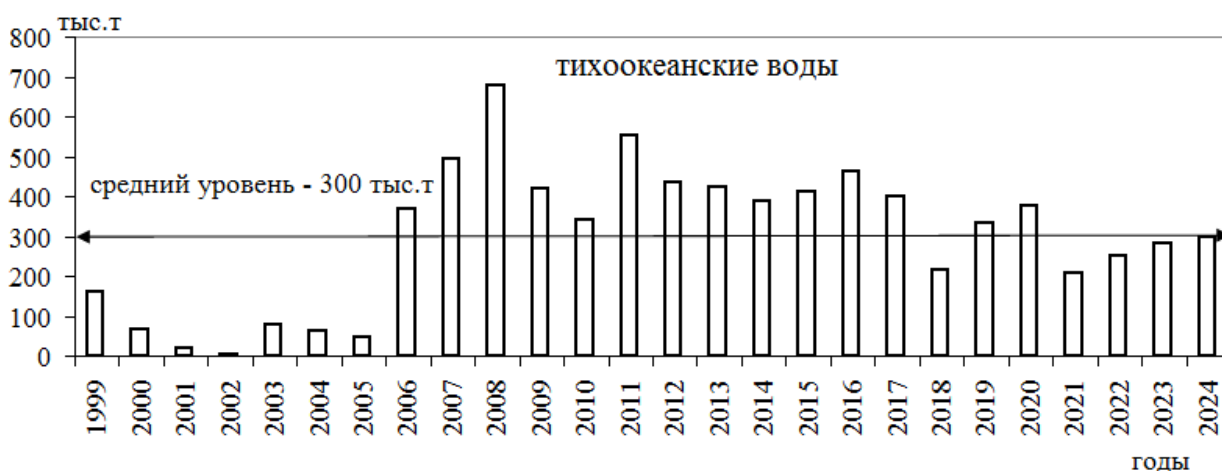


Рис. 86. Динамика биомассы минтая в тихоокеанских водах Южно-Курильской зоны в 1999–2024 гг. по данным научных траловых съемок «ТИНРО»

Анализ данных съемок и промысла в 2024 г. указывает на то, что несмотря на убыль старшевозрастных производителей урожайных поколений 2016-2017 гг. рождения, в структуре запаса наблюдается пополнение 2021-2022 гг. рождения. Численность этих поколений нельзя оценить как высокую, однако их появление поддерживает общий запас на среднемноголетнем уровне. В то же время высокая доля в вылове неполовозрелой молодежи, который наблюдался на фоне низкой численности

производителей, является негативным фактором для ресурсов минтая в Южно-Курильской зоне.

Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров и формирования правила регулирования промысла были использованы исторические ряды уловов и промысловых усилий на специализированном промысле минтая в Южно-Курильской зоне с 2003 г. В основу определения ориентиров управления положена концепция MSY и принципы предосторожного подхода [Бабаян, 2000]. По результатам настройки выбранной модели, зависимость прибавочной продукции от биомассы запаса представлены на рисунке 87.

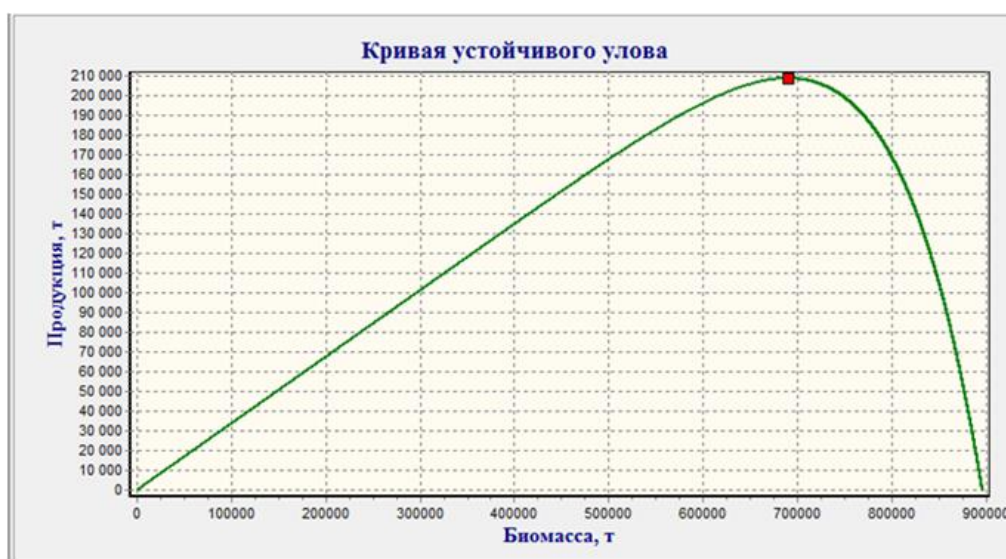


Рис. 87. Кривая устойчивого улова для минтая Южно-Курильской зоны по промысловым данным с 2003 г.

Согласно кривой устойчивого улова для минтая Южно-Курильской зоны определены следующие ориентиры управления:

- максимальный уравновешенный улов $MSY = E_{MSY} = 208,66$ тыс. т;
- целевой ориентир по биомассе – $B_{tr} = B_{MSY} = 689,94$ тыс. т;
- граничный ориентир по биомассе – $B_{lim} = 0,1 B_{MSY} = 68,99$ тыс. т;
- граничный ориентир по интенсивности промысла – $F_{lim} = F_{max} = 0,319$.

Целевой ориентир по интенсивности промысла – $F_{tr} = 0.3$.

Обоснование правила регулирования промысла

При подготовке прогноза ОДУ на 2026 г. использованно правило регулирования промысла (ПРП), подготовленное ранее в версии программы «СОМВИ 4», где доступно несколько вариантов линейно-кусочных ПРП, предназначенных для выбора и «настройки», используемого в дальнейшем для прогнозирования состояния запаса и величины ОДУ. Это дает возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности исходя из состояния прогнозируемого запаса (табл. 18). Согласно

выбранного Fsg125 линейно-кусочного ПРП, уровень изъятия определен 0,166, так как запас ниже целевого уровня и находится в зоне восстановления (рис. 88). При этом нет риска получить в перспективе улов и общую биомассу меньше наблюдаемого.

Таблица 18

Эффективность правила регулирования промысла для минтая Южно-Курильской зоны

Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективе	Вероятность В прогнозная < B _{lim}	Вероятность С прогнозный < C _{min}
Пелла-Томлинсона Медианная	FMSY Линейно-Кусочное 0	0	881877,8	162491,2	1,3	2,6	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	F01 Линейно-Кусочное 0	0	892935,4	151608,3	1,3	2,5	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq Линейно-Кусочное 0	0	922139,1	121656,1	1,3	2,0	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq125 Линейно-Кусочное 0	0	898838,0	147686,5	1,3	2,4	0	0

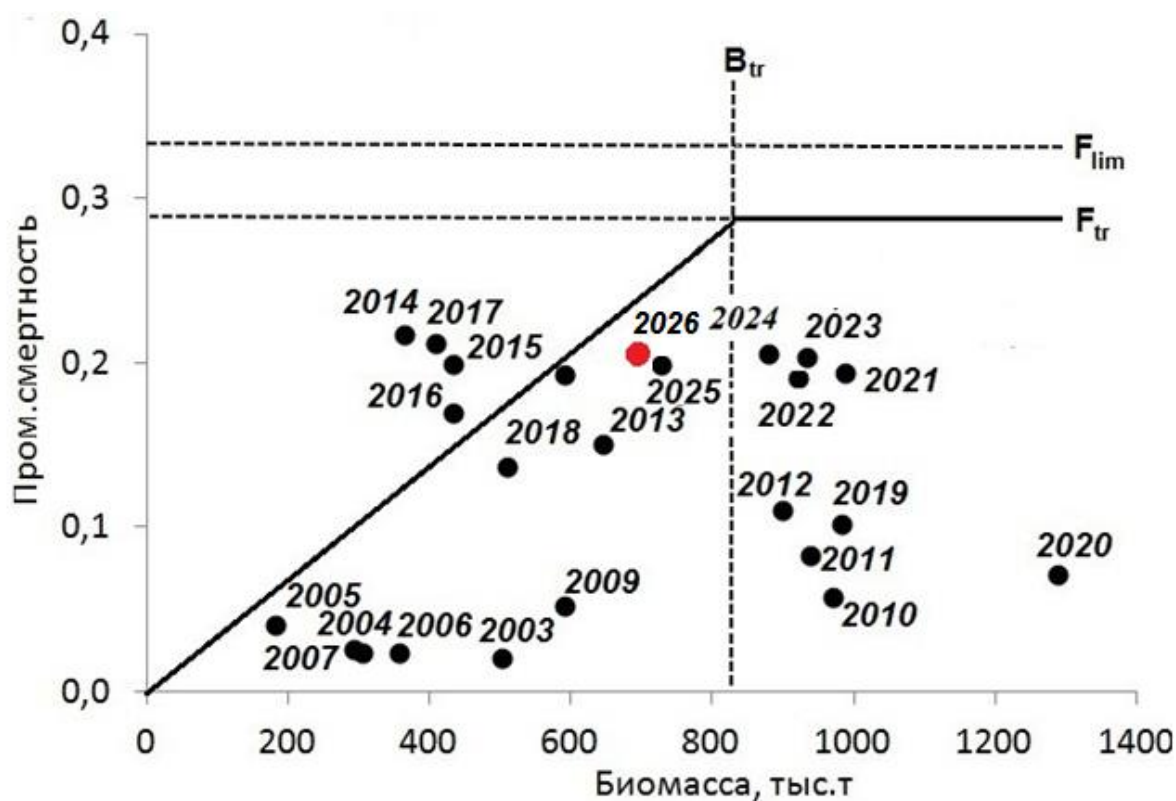


Рис. 88. Правило регулирования промысла минтая Южно-Курильской зоны

Прогнозирование состояния запаса

Расчеты когортной моделью «Синтез». Для расчета промыслового запаса на два ближайших года в качестве настроечных индексов в модели использованы данные тралово-акустических съемок «ТИНРО» с 1999 г., которые были стандартизированы по площади, так как не всегда в ЮКР их удается проводить с охватом всей акватории. Динамика общей биомассы по съемкам не всегда совпадала с расчетной (рис. 89). Так в 2006-2009 гг.

высокая общая биомасса наблюдалась за счет появления серии урожайных поколений во второй половине 2000-х гг. Промысловый запас вырос в начале 2010-х гг., когда эти поколения достигли промысловой длины. Следующий подъем промысловой биомассы наблюдался после 2015 г., когда в промысел сначала вступили поколения 2012-2014 гг. рождения, а затем появились урожайные поколения 2016-2017 гг. рождения. В последние годы расчетный промысловый запас и общий по съемкам близки из-за отсутствия урожайных поколений после 2017 г. В 2023 г. в связи с сокращением численности этих поколений запасы минтая и промысловые показатели начали снижаться. В 2024 г. за счет появления поколений 2021-2022 гг. рождения, общая биомасса и промысловые показатели выросли, хотя в уловах доминировал неполовозрелый минтай менее промысловой длины.

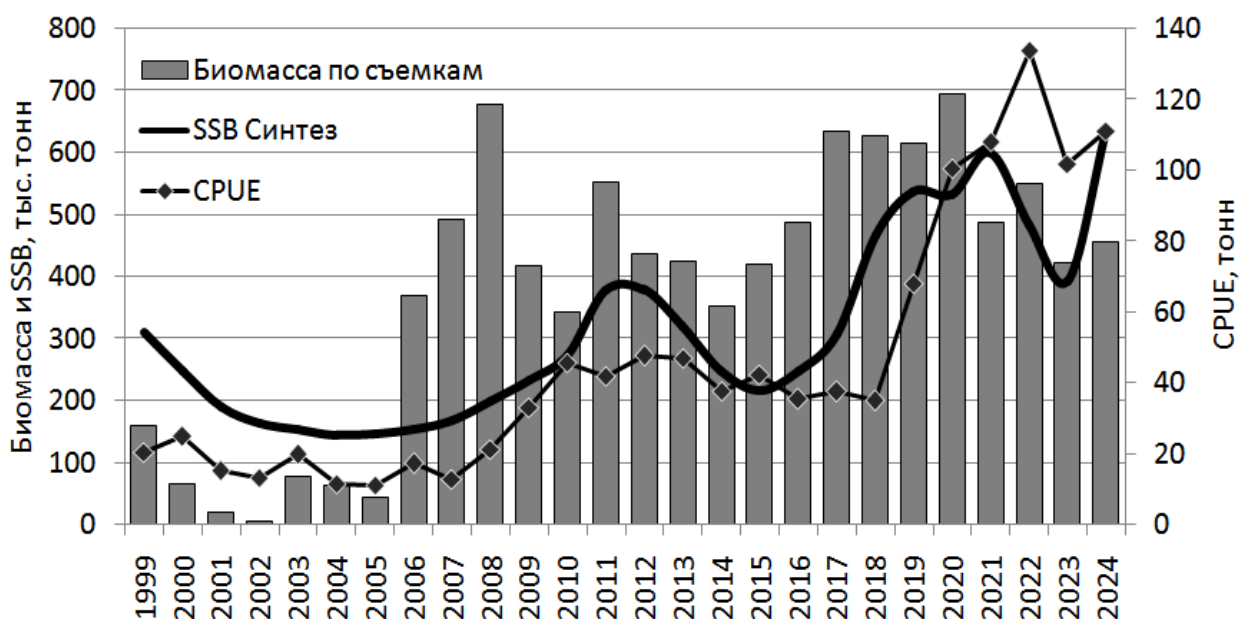


Рис. 89. Динамика запасов минтая в Южно-Курильской зоне в 1999-2024 гг.

Также использованы среднегодовые данные по темпу полового созревания и рассчитаны среднегодовые мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) и коэффициенты селективности по возрастным группам (рис. 90). Возрастные коэффициенты селективности оценивали для трех периодов: до 2001 г. включительно, для 2012-2018 гг. и с 2019 г. по 2022 г. Первые 2 периода связаны с отсутствием в трале селективной вставки и ее введением (в соответствии с п. 32.4 в современной редакции «Правил рыболовства...» введен запрет на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки с квадратным расположением ячеи между мотеной частью трала и траловым мешком (кутцом). Третий период характеризует особенности промысла минтая Южно-Курильской зоны в последние годы. С 2019 г. наряду с введением возможности сдачи уловов на береговые предприятия в живом, свежем и охлажденном виде, на специализированном промысле появились

современные СТФ с выловом до 400–450 т минтая, а часть судов переоснастили тралами типа «Атлантика».

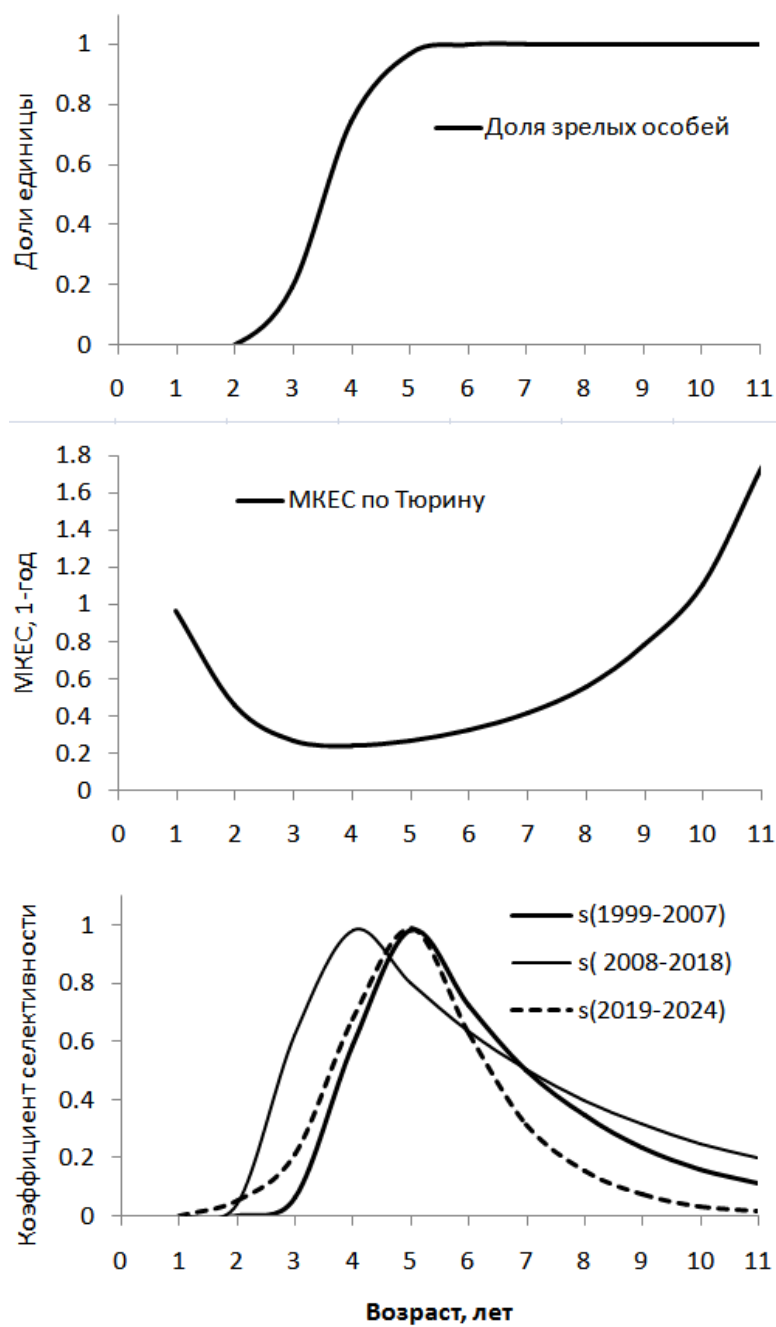


Рис. 90. Исходные данные для модели Синтез по возрастным группам

Запас на два ближайших года рассчитывается с помощью обращенной когортной процедуры с учётом селективности облавливаемых возрастных групп в программе «ТАС». Расчётная величина SSB в 2024 г. оценена в 636,8 тыс. т, прогностические цифры SSB на 2025 и 2026 гг. – 455,2 и 717,2 тыс. т, соответственно (табл. 19).

Состояние запасов минтая в Южно-Курильской зоне в 2024 г., прогностические данные её численности и ОДУ на 2025–2026 гг.

Возраст рыб (<i>j</i>)	Абсолютная численность на начало года (<i>N_j</i>)			Селектив- ность (<i>S_j</i>)	Доля зрелых особей	Сред- ний вес особи	МКЕС	ОДУ	
Год	2024 г. млн экз.	2025 г. млн экз.	2026 г. млн экз.	в долях единицы	в долях единицы	кг	(<i>M_j</i>) 1/год	2025 г. тыс. тонн	2026 г. тыс. тонн
1	4 406.9	3 191.2	3 191.2	0.001	0	0.025	0.97	0.028	0.015
2	1 466.8	2 908.6	1 627.5	0.055	0	0.084	0.46	5.832	1.792
3	554.4	1 988.6	1 954.5	0.214	0.19	0.185	0.27	35.820	19.693
4	87.0	775.8	1 349.8	0.677	0.74	0.325	0.24	70.230	72.012
5	244.2	79.4	420.5	0.989	0.97	0.497	0.27	14.698	47.349
6	614.8	35.2	35.2	0.632	0.99	0.695	0.33	6.183	3.617
7	46.0	31.6	17.9	0.318	1.00	0.911	0.42	3.786	1.215
8	7.5	45.6	17.4	0.154	1.00	1.137	0.56	3.245	0.687
9	3.3	24.0	23.9	0.075	1.00	1.369	0.78	0.920	0.505
10	0.3	7.9	12.7	0.036	1.00	1.601	1.11	0.150	0.132
>10	0.1	5.5	4.2	0.017	1.00	1.829	1.74	0.045	0.019
Итоговые значения в тоннах									
Абс. БМ	968.5	1 144.3	1 347.1					140.9	147.0
SSB	636.8	455.2	717.2						

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

К 2026 г. ожидаем, что поколения 2021-2022 гг. рождения достигнут 4-5-годовалого возраста и вступят в промысловый запас. По данным модели величина промыслового запаса ожидается на уровне 717,2 тыс. т, уровень изъятия составляет 0,207 и находится ниже целевого ориентира по промысловой смертности. Таким образом **ОДУ минтая в Южно-Курильской зоне в 2026 г. составит 147,000 тыс. т**, что на 6,0 тыс. т больше относительно ОДУ-2025.

Исходя из результатов съемок, проведенных во второй половине 2010-х гг., которые подтверждаются промысловой статистикой, предполагается, что к 2026 г. за счет убыли поколений 2016-2017 гг. рождения доля старшевозрастных производителей снизится, а в промысловый запас только вступят рыбы 2021-2022 гг. рождения, подавляющая часть которых будет уже половозрелой. В связи с этим ожидается низкая доля минтая непромысловой длины, а также неполовозрелых рыб в уловах.

Анализ и диагностика полученных результатов

Запасы минтая в Южно-Курильской зоне очень динамичны, численность урожайных поколений здесь сопоставима с таковой в северной части Охотского моря, скорость роста высокая относительно северных популяций, поэтому запас может изменяться в несколько раз и даже на порядок за короткий срок, а именно за 3–5 лет.

В модели «Синтез» была проведена диагностики избранной стратегии промысла на более длительный период времени (10 лет) при рекомендуемой, согласно ПРП, интенсивности изъятия. На рисунке 91 видно, что при соблюдении ПРП запас будет постепенно расти и с вероятностью 90% не выйдет за биологически безопасные границы. Установлено, что при эксплуатации на целевом уровне биомасса запаса в ближайшие годы также будет выше целевого уровня.

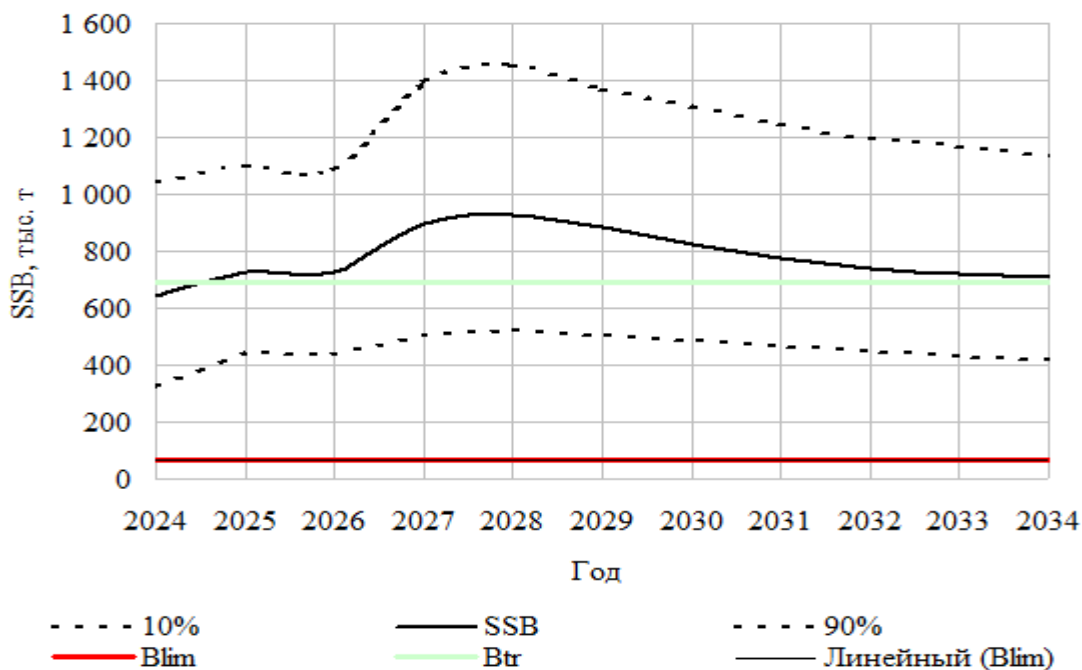


Рис. 91. Модельная динамика биомассы запаса минтая в Южно-Курильской зоне при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

61.05 - Зона Охотское море

61.05.1. - Северо-Охотоморская подзона

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона

Исполнители: Е.Е. Овсянников, В.В. Кулик, А.В. Смирнов («ТИНРО»); А.И. Варкентин, О.И. Ильин («КамчатНИРО»); С.Ю. Шершенков («МагаданНИРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов, определения ОДУ минтая в северо-восточной части Охотского моря на 2026 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Оценки общего и нерестового запасов по результатам комплексных учетных съемок «ТИНРО» (ихтиопланктонная, траловая и акустическая) в северо-восточной части Охотского моря в 1998–2002, 2004–2024 гг.

Во все годы съемки проводили по единой методике, на однотипных судах — НИС «ТИНРО» и НИС «Профессор Кагановский», примерно в одни те же сроки — апреле–июне, и примерно по одной и той же сетке станций. Исследования традиционно выполняются в 4 этапа: у Западной Камчатки, в зал. Шелихова, в североохотоморском районе, у восточного Сахалина, и охватывают все районы обитания минтая в северной части Охотского моря, включая нерестилища, места концентрации молоди и нагула половозрелых особей. Численность и биомасса минтая оцениваются траловым, ихтиопланктонно-траловым [Fadeev, 1989; Фадеев, 1999] и акустическим методами. В ходе этих работ собираются наиболее полные и надежные данные о величине нерестового и общего запасов, успешности воспроизводства, численности пополнения, оценивается урожайность отдельных поколений и динамика численности североохотоморского минтая. Также в ходе работ собирается информация об его экологическом окружении, состоянии и тенденциях развития пелагических сообществ, оцениваются условия обитания минтая и состояние его кормовой базы.

В 2024 г. комплексная научно-исследовательская экспедиция для оценки современного состояния запасов минтая в Охотском море была проведена на НИС «Профессор Кагановский» с 03 апреля по 16 мая, выполнено 294 ихтиопланктонных и 221 траловых станций (рис. 92).

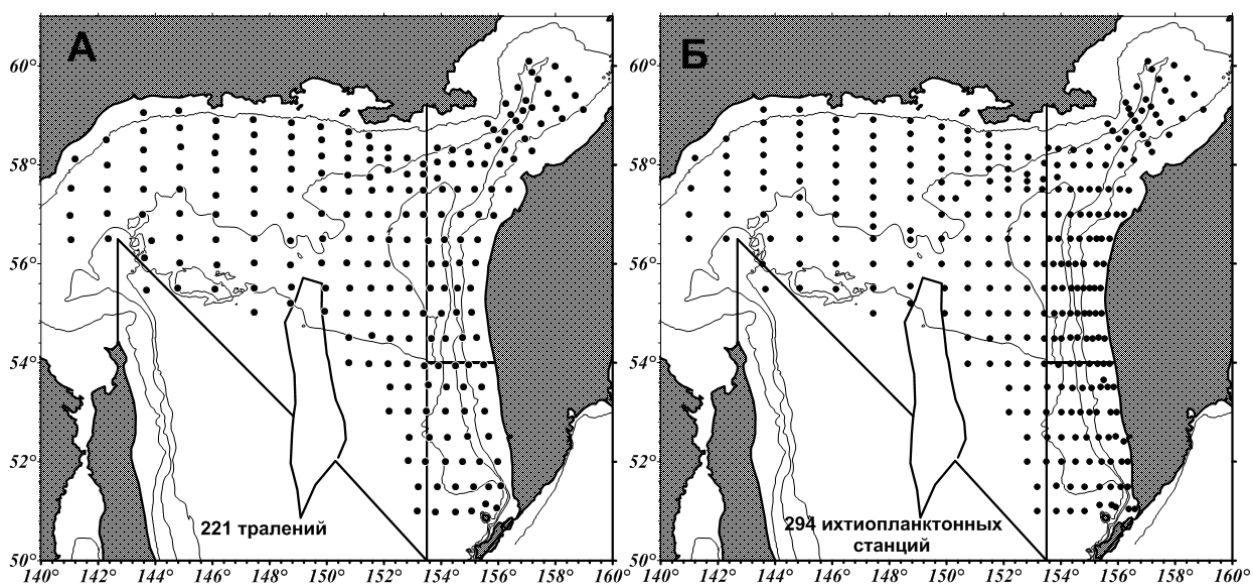


Рис. 92. Схема траловых (А) и ихтиопланктонных (Б) станций в Охотском море весной 2024 г.

Количество станций и их распределение на исследованной акватории позволяют получить достоверные оценки структуры и величины запаса минтая.

2. Данные траловых съемок «ТИНРО» о возрастной структуре общего запаса североохотоморского минтая в 1998–2002, 2004–2024 гг. Это один из важнейших индексов, позволяющий в модельных расчетах учитывать урожайность поколений. Размерный состав рыб, определенный по результатам массовых промеров (60913 экз.), пересчитан на возрастной по многолетнему размерно-возрастному ключу, составленному по отолитным определениям возраста (около 40 тыс. экз.). Считаем, что объем собранной биологической информации позволяет получить достоверные сведения о размерно-возрастном составе рыб в научных тралениях.

3. С 1995 г. периодически «ТИНРО» в северной части Охотского моря выполнялись осенние пелагические траловые съемки, во время которых также оценивались и запасы минтая. После 2008 г. съемки в некоторые годы также проводились, но выполнялись не на всей акватории, поэтому, получить сопоставимые данные не удавалось. Тем не менее, в обосновании, в качестве дополнительного индекса состояния запаса, использованы результаты оценок общей биомассы минтая, полученные в 1995, 1997–2003, 2006–2008 гг.

4. Сведения о размерно-возрастном составе минтая в промысловых уловах в 1963–2024 гг., собранных на основных видах промысла (траловом и снюрреводном) и в разные месяцы года.

В январе – первой декаде апреля 2024 г. силами 20 специалистов из разных дальневосточных филиалов ФГБНУ «ВНИРО» в северо-восточной части Охотского моря проведены исследования на специализированном траловом промысле. Проанализировано 2240 промысловых операций, сделано 248055 массовых промеров (МП) и 7456 полных биологических анализов (ПБА) минтая. В ноябре–декабре 2024 г. — в так называемый, сезон «Б» специализированного промысла минтая выполнены исследования на 1 судне. Проанализировано 30 промысловых операций, выполнено 4799 МП и 300 ПБА минтая.

В январе–феврале, апреле–июне и декабре 2024 г. на 2 судах и 3-х береговых рыбоперерабатывающих заводах проведены исследования на снюрреводном промысле минтая. Проанализировано 132 промысловых операций, выполнено 12082 МП и 400 ПБА минтая.

Суда работали в общей массе рыбопромыслового флота, наблюдениями охвачены все основные районы промысла (рис. 93). Вместе с внушительным объемом собранной информации, это с полной уверенностью позволяет утверждать, что полученные сведения об основных биологических показателях минтая в промысловых уловах являются адекватными;

5. Сведения о некоторых наиболее значимых факторах окружающей среды (температура поверхности моря, концентрация льда, штормовые условия) в северной части Охотского моря в январе – первой декаде апреля 2003–2024 гг., как наиболее значимые для формирования промысловой обстановки. Эти данные использованы для получения с помощью обобщенной линейной модели (GLM) индекса улова на судосутки, который, как один из независимых индексов, с 2016 г. используется для настройки модели [Кулик и др., 2020].

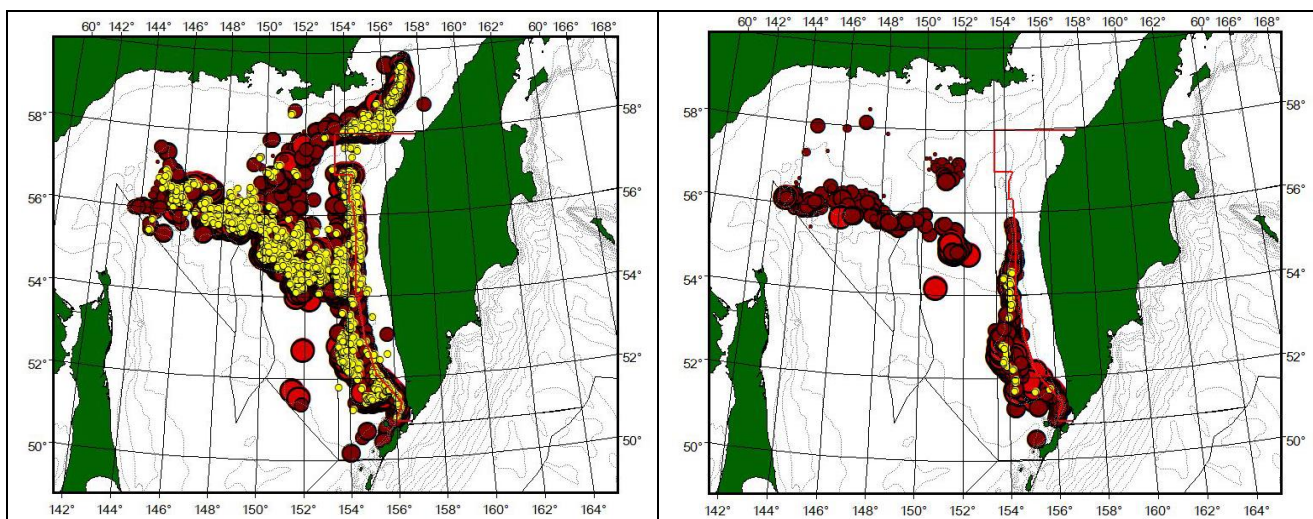


Рис. 93. Схема работы наблюдателей на траловом промысле (желтые круги) и распределение уловов (бордовые круги) на специализированном траловом лове минтая в январе – первой декаде апреля (слева) и во второй половине октября – декабре (справа) 2024 г. в северо-восточной части Охотского моря

6. Сведения о вылове по данным судовых суточных донесений (ССД) и оперативной отчетности предприятий (ООП) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) за 2024 г. Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что часть годового вылова минтая у Западной Камчатки не отражается в данных ССД в ОСМ, т.к. изымается маломерными судами типа МРС. В соответствии с п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза России от 06.05.2022 г. № 285 (Правила рыболовства), ССД ежедневно подаются только судами с главным двигателем мощностью более 55 кВт и валовой вместимостью более 80 т, оборудованных ТСК. Указанный выше тип судна в эту категорию по мощности главного двигателя попадает, а по валовой вместимости нет, т.к. она не превышает 60 т.

Согласно п. 13.5 Правил рыболовства, пользователи, которые не подают ССД, представляют в территориальные органы Росрыболовства, так называемую, оперативную отчетность предприятия, на 5, 10, 15, 20, 25 и последнее число каждого месяца не позднее суток после указанной даты. При этом структура ООП не подразумевает предоставление информации о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова.

Промысел такими судами ведётся, в основном, в режиме прибрежного рыболовства с доставкой и выгрузкой уловов в живом, свежем или охлажденном виде в береговые места доставки (на рыбообрабатывающие заводы). Только после этого имеется возможность определить объёмы вылова гидробионтов, которые отражаются в ОСМ в виде ООП.

Учитывая вышеизложенное, в 2024 г. общий вылов минтая в Северо-Охотоморской подзоне определяли по данным ССД, а у Западной Камчатки –

ООП, при этом всю разницу в вылове по ССД и ООП относили к вылову снюрреводами.

Сведения об общем вылове минтая в 2012–2023 гг., полученные из данных ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте ФАР [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В качестве дополнительной информации в обосновании приведены результаты донных траловых съемок, выполненных в 2014–2022, 2024 гг. на западнокамчатском шельфе специалистами «ТИНРО», «КамчатНИРО» и ФГБНУ «ВНИРО», стандартизированные по полигону. В 2024 г. было сделано 2 съемки: с 7 по 26 июня на СТР «Сланцы» (215 тралений) и с 14 июля по 15 августа на НИС «Профессор Кагановский» (214 станций) (рис. 94). Первая съемка была нацелена в основном на учет промысловых беспозвоночных, поэтому в настоящем обосновании приведены результаты только второй съемки.

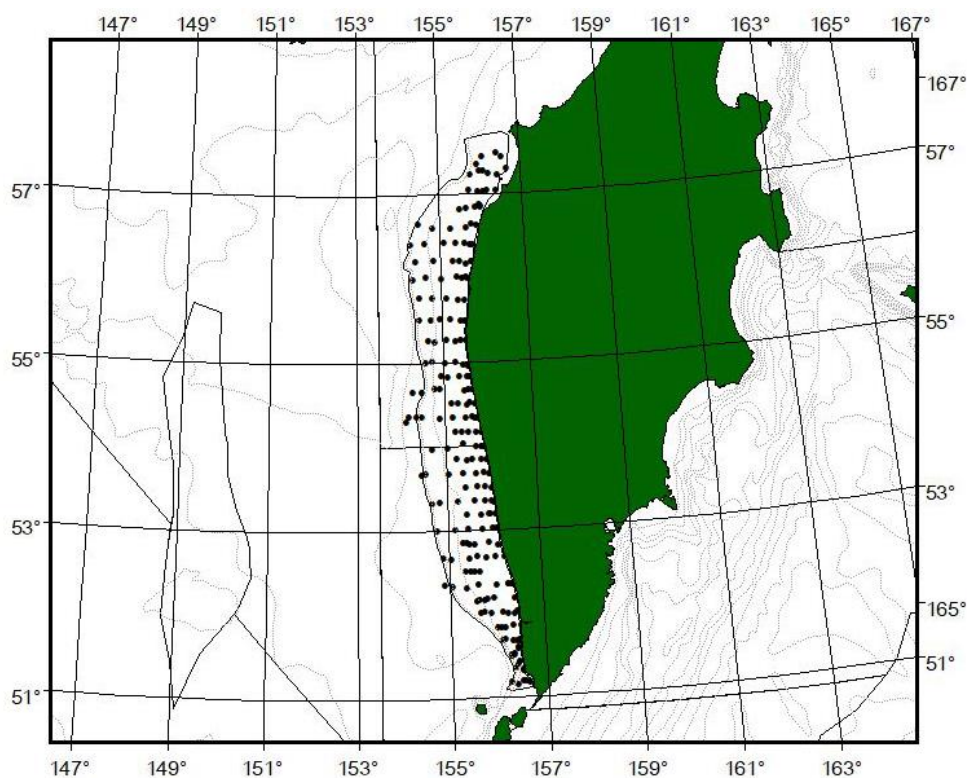


Рис. 94. Схема станций донной траловой съемки, выполненной в июле–августе 2024 г. у Западной Камчатки (линией обозначен стандартный полигон)

По литературным данным [Шунтов и др., 1993], в пелагиали, как правило, обитает молодь этого вида, а средне- и крупноразмерные особи больше тяготеют к придонным слоям воды, поэтому оценки, полученные только по донным съемкам, характеризуют лишь часть запаса этого вида, в связи с чем в качестве индекса состояния запаса они не используются. Большой интерес представляют сведения о размерно-возрастном составе рыб в уловах, поскольку по ним можно судить об урожайности поколений.

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для североохотоморского минтая в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1963 г., сведения о массе, доле половозрелых особей по возрастам и годам, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, стандартизированные уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты ихтиопланктонных, траловых и акустических съемок с 1984 г.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза по североохотоморскому минтаю в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу «доступная информация обеспечивает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

С 2023 г. для оценки запасов североохотоморского минтая применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигматочечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит использовавшуюся ранее (с 2007 г.) когортную модель «Синтез» [Ильин и др., 2014] в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки. Исходные данные для нее следующие:

— вылов (млн экз.) минтая по возрастам 2–13+ лет, где 13+ — так называемая, «плюс-группа», которую составляют уловы рыб в возрасте старше 13 лет, и годам (1963–2024 гг.) промысла в северо-восточной части Охотского моря (подзоны 61.05.1, 61.05.2 и 61.05.4); возрастной состав рассчитан по многолетнему (1998–2023 гг.) размерно-возрастному ключу, составленному по отолитным определениям возраста [Chilton, Bemish, 1982]; для составления ключа использовали результаты биологических анализов, выполненных в январе–апреле; с 1995 г. в модель закладывали данные о фактическом вылове минтая с учетом выбросов молоди [Буслов, Варкентин, 2000; Варкентин и др., 2000; Варкентин, 2004].

— средняя масса рыб по возрастам и годам промысла в январе–апреле; вместо отсутствующих данных использовали среднемноголетние значения;

— средняя доля половозрелых рыб по возрастным группам и годам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием,

выполненных в январе–апреле; фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972]; вместо отсутствующих данных использовали среднемноголетние значения.

В модели использовали следующую дополнительную информацию о состоянии запаса:

— данные ихтиопланктонных съемок «ТИНРО» о биомассе нерестового запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря в 1984–1992, 1995–2002, 2004–2024 гг.;

— данные траловых съемок «ТИНРО» о биомассе общего запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря в 1998–2002, 2004–2024 гг.;

— данные акустических съемок «ТИНРО» с базовой технологией (БЭТ) о биомассе общего запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря в 2001–2002, 2004–2024 гг.;

— стандартизированный с помощью GLM индекс улова на судосутки, обобщенный по 38 типам судов, осуществлявших специализированный траловый промысел минтая в северной части Охотского моря в январе – первой декаде апреля 2003–2024 гг., с учетом значений температуры поверхности моря, концентрации льда и штормовых условий [Кулик и др., 2020];

— из данных траловых съемок «ТИНРО» о возрастной структуре общего запаса североохотоморского минтая в 1998–2002, 2004–2024 гг. была использована только численность 2- и 3-годовиков, как индексы численности соответствующих возрастных классов.

О каждом из индексов подробно будет рассказано в следующей главе.

В когортной модели в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана используется экспоненциально-логистический тип моделируемой функции селективности:

$$s_{t,a} = \frac{\exp(r_{1t}r_{2t}(r_{3t} - a))}{1 - r_{2t}[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))]},$$

где: $r_{1t}r_{2t}, r_{3t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = [\ln N_{t,2}, \dots, \ln N_{t,13}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}]^T,$$

где: $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = [\ln C_{t,2}, \dots, \ln C_{t,13}, \ln I_t^1, \ln I_t^2, \ln I_t^3, \ln I_t^4, \ln I_t^{R2}, \ln I_t^{R3}]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса, I_t^2 — индекс нерестового запаса, I_t^3, I_t^4 — индексы общего запаса, I_t^{R2}, I_t^{R3} — индексы численности 2-х и 3-х годовиков.

При моделировании запаса североохотоморского минтая предполагается, что:

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$, $\sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2), \quad \varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2);$$

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шумы наблюдений для индексов нерестовой и общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$, $\varepsilon_t^{I3} \sim N(0, \sigma_{I3}^2)$ и $\varepsilon_t^{I4} \sim N(0, \sigma_{I4}^2)$ по ихтиопланктонным, траловым и акустическим съемкам, соответственно;

— шумы наблюдений для индексов численности $\varepsilon_t^{IR2} \sim N(0, \sigma_{R2}^2)$, $\varepsilon_t^{R3} \sim N(0, \sigma_{R3}^2)$ по траловым съемкам;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \Sigma_c)$.

Диагональные элементы ковариационной матрицы Σ_c зависят от возраста кусочно-квадратично, корреляционная структура типа авторегрессии второго порядка AR(2);

— параметры распределений и коэффициенты улавливаемости для индексов запаса и пополнения оцениваются в модели;

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$.

Для коэффициента естественной смертности выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.25, 0.25^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров считались неинформативными.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

По современным представлениям, в северо-восточной части Охотского моря в границах Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Камчатско-Курильской подзон, а также в центральной части Охотского моря обитает единая группировка минтая, обладающая сложной внутривидовой структурой [Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003]. Полученные недавно результаты популяционных исследований с использованием новых, более точных генетических методов на основе молекулярных маркеров свидетельствуют, что популяционной неоднородности минтая в северо-восточной части Охотского моря нет [Савенков и др., 2012, 2018].

Репродуктивная часть североохотоморской популяции минтая состоит из нескольких центров воспроизводства, расположенных на западнокамчатском шельфе, мелководье северо-центрального района (Притауйский район) и в зал. Шелихова (в кутовой части Шелиховской ложбины, в 30–40 милях от Ямских о-вов) [Фадеев, 1981, 1987; Фадеев, Смирнов, 1994; Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003; Овсянников, 2011]. Значительно меньшие объемы нереста наблюдаются на периферии популяции — акватории к северо-западу и юго-западу от о-ва Ионы и у Восточного Сахалина. Для североохотоморского минтая свойственно перераспределение молоди рыб на первых годах жизни [Темных, 1989; Шунтов и др., 1993; Авдеев, Овсянников, 2001; Фадеев, 2001; Авдеев и др.,

2005; Авдеев, Овсянников, 2006; Авдеев и др., 2008; Овсянников, 2011]. До 2 лет включительно, минтай распределяется в районах основных нерестилищ на шельфе, за исключением зал. Шелихова, где годовики распространены в южной части глубоководного желоба. От одного года к двум годам минтай смещается из районов нерестилищ в сторону материкового склона. В дальнейшем миграции в мористые районы продолжаются, и в возрасте 4 лет молодь вида распределяется над большими глубинами. В весенний период более 80% 2–4-годовиков минтая обитает в районе впадины ТИНРО, более мелкие скопления располагаются в районах впадины Дерюгина, юго-западной Камчатки и восточного Сахалина. Направление и протяженность миграций молоди из районов воспроизводства в выростную зону обусловлены расположением нерестилищ относительно впадины ТИНРО. По мере созревания минтай из единого скопления молоди совершает нерестовые миграции в районы воспроизводства. Нагульная область половозрелых особей включает практически всю акваторию моря.

Опираясь на предположение о едином популяционном статусе минтая в северо-восточной части Охотского моря, с 2007 г. оценка запасов и определение вылова специалистами выполняется для всей популяции, а затем расчетное значение вылова распределяется между подзонами Северо-Охотоморская, Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская. С 2011 г. соотношение ОДУ по подзонам не меняется — 36:36:28%, соответственно.

Состояние запасов. Оценка состояния запаса североохотоморского минтая по результатам научно-исследовательской комплексной экспедиции в 2024 г., также как и в предыдущие годы, была выполнена 3 методами учета: траловым, ихтиопланктонным и акустическим.

По данным, представленным на рисунке 95 А, видно, что по всем трем методам к 2002 г. общий запас минтая снижался, а с 2004 г. — увеличивался. Пик биомассы, по данным ихтиопланктонных съемок, пришелся на 2009 г., а траловых и акустических — 2010 г. Отметим, что в 2009 г. ихтиопланктонным методом оцененный общий запас почти в 2 раза превысил величину 2008 г., а в 2010 г. — резко уменьшился более чем в 3 раза. Поскольку для минтая в принципе не свойственны резкие изменения биомассы в смежные годы, можно предположить, что в 2007–2008 гг. запас был недооценен. Низкая величина общей биомассы запаса в 2010 г., вероятно, связана с поздними сроками начала ихтиопланктонной съемки и ранним нерестом минтая в Охотском море. По ихтиопланктонному методу к 2012 г. общий запас увеличился, затем к 2016 г. — снизился, к 2017 г. — вновь увеличился почти в 2 раза, а к 2019 г. — уменьшился и в последние 4 года то увеличивался, то уменьшался, находясь на уровне около 9,1 млн т. По траловым съемкам после пика биомассы в 2010 г. общий запас к 2012 г. снизился, в 2014 г. — увеличился и вплоть до 2019 г. оставался примерно на одном уровне, равном 11,8 млн т. Затем к 2021 г. резко увеличился до 15,0 млн т, а в 2022 г. также резко снизился до 12,5 млн т. В 2023–2024 гг. общий запас продолжал постепенно снижаться и в терминальном году составил 11,1 млн т.

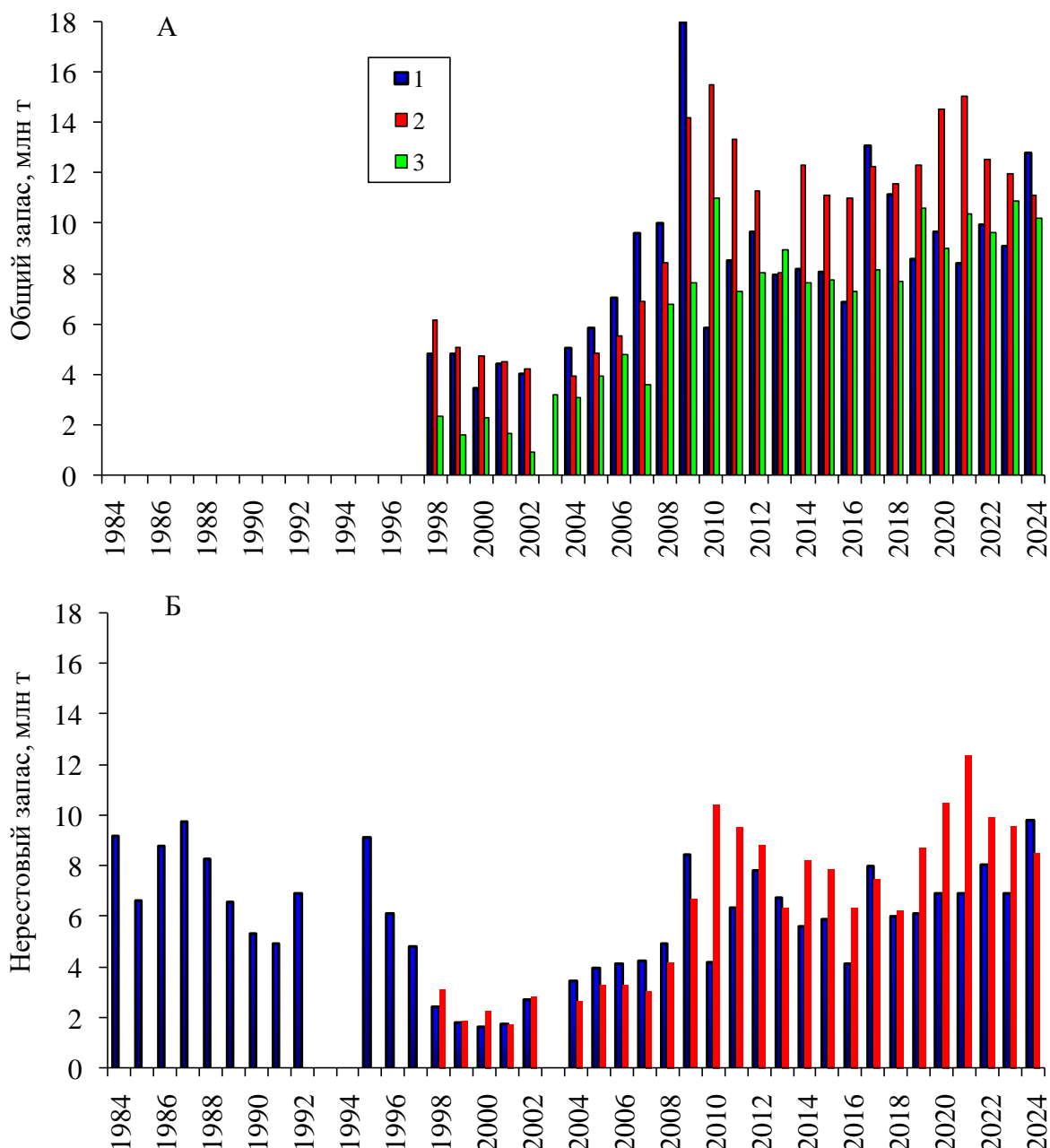


Рис. 95. Межгодовая динамика общего (А) и нерестового (Б) запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря (1 — ихтиопланктонный метод, 2 — траловый метод, 3 — акустический метод)

По акустическому методу общая биомасса после 2010 г. снизилась, затем к 2013 г. возросла, а в 2014 г. уменьшилась и в последующие 4 года оставалась примерно на этом уровне. В 2019 г. общая биомасса, оцененная этим методом, возросла до 10,6 млн т, затем снизилась в 2020 г. до 9,2 млн т. В 2021–2024 гг. она несущественно, то увеличивалась, то уменьшалась и в терминальном году составила 10,2 млн т.

Биомасса нерестового запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря по ихтиопланктонному методу в 1984–1987 гг. находилась примерно на одном высоком уровне — более 9,0 млн т (рис. 95Б). Низкая оценка в 1985 г., очевидно, объясняется недоучетом минтая. После пика

биомассы в 1987 г., равном 9,7 млн т, она постепенно снижалась и в 1991 г. составляла 4,9 млн т. В 1992 г. биомасса производителей увеличилась почти на 2 млн т. В 1993–1994 гг. исследования не проводились, но можно предположить, что в эти годы она увеличивалась, т.к. в 1995 г. было учтено порядка 9,1 млн т. Далее последовал период резкого снижения биомассы, и в 2000 г. она составляла всего 1,6 млн т. К 2008 г. нерестовый запас постепенно увеличивался, достигнув отметки в 4,9 млн т. Затем, в 2009 г. он возрос до 8,4 млн т, а в 2010 г. — снизился до 4,2 млн т. К 2012 г. вновь отмечено увеличение биомассы производителей. Далее, к 2016 г. она постепенно снижалась, а в 2017 г. возросла до 7,9 млн т. В 2018–2019 гг. нерестовый запас оценен примерно в 6,0 млн т, к 2022 г. он постепенно увеличивался, достигнув отметки в 8,0 млн т, а в 2023 г. — снизился до 6,9 млн т. В 2024 г. вновь отмечено увеличение нерестового запаса до 9,8 млн т.

По траловому методу биомасса производителей с 1998 по 2001 гг. снижалась и достигла минимальной за весь период исследований величины (1,7 млн т). Затем вплоть до 2009 г., он постепенно увеличивался, а в 2010 г. резко возрос до 10,4 млн т. К 2013 г. биомасса производителей снизилась. В 2014–2018 гг. она то незначительно изменялась, а в среднем составляла 7,2 млн т. В 2018 г. нерестовый запас снизился до 6,2 млн т, к 2021 г. — вновь увеличился до 12,3 млн т. В последующие годы запас снижался, составляя в 2022 г. — 10,3 млн т, в 2023 г. — 9,6 млн т, а в 2024 г. — 8,5 млн т.

С 1995 по 2008 гг. специалистами «ТИНРО» в северо-восточной части Охотского моря довольно нерегулярно выполнялись осенние пелагические траловые съемки, во время которых оценивалась и общая биомасса минтая. По результатам этих работ, после минимума биомассы общего запаса, который зарегистрирован в 1999 г. (1,3 млн т), ресурсы минтая к 2008 г. постепенно возрастали и достигли отметки 9,4 млн т (рис. 96), что сопоставимо с данными, полученными по ихтиопланктонному методу (рис. 95А).

Таким образом, оценки, как общего, так и нерестового запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря, полученные разными методами в один год, нередко существенно различались между собой, что, очевидно, связано с особенностями их проведения. Более того, отмечены значительные изменения оценок запаса, полученные одним и тем же методом в смежные годы (до 2 млн т), что в принципе не характерно для минтая. Возможно, что в некоторые годы запасы минтая тем или иным методом были недоучтены из-за сложной ледовой обстановки, особенностей распределения рыб, сроков нереста и др. В этой связи, использование результатов учетных съемок в качестве независимых индексов для настройки моделей представляется более чем оправданным.

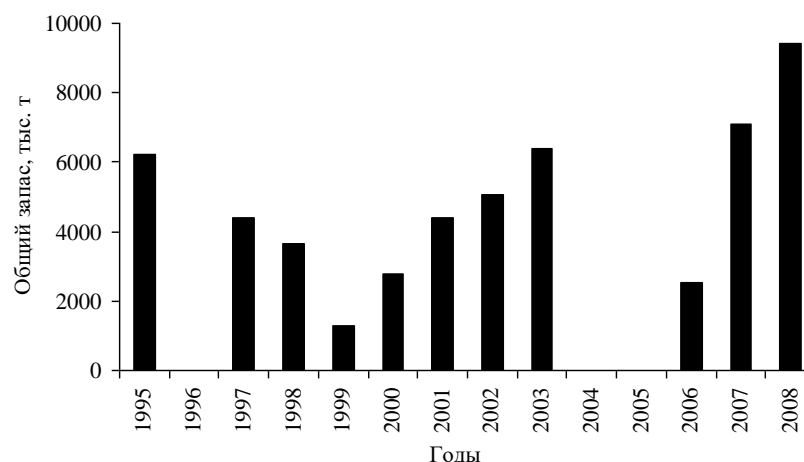


Рис. 96. Межгодовая динамика общей биомассы минтая в северо-восточной части Охотского моря по результатам осенних пелагических траловых съемок «ТИНРО»

Как правило, в период выполнения весенней съемки (с начала апреля по конец мая) производители сконцентрированы на традиционных нерестилищах, расположенных в шельфовой зоне Западной Камчатки, Притауйского, Северо-Охотоморского районов и глубоководной части зал. Шелихова. По результатам траловой съемки 2024 г. основные скопления наблюдались вблизи нерестилищ, при этом отчетливо прослеживались их контуры (рис. 97). Вдоль побережья Западной Камчатки распределение производителей было сходным с прошлым годом — скопления располагались ближе к шельфовой зоне и были менее растянуты в сторону мористой части. Концентрации половозрелых рыб располагались непрерывной линией вдоль всего полуострова. Что касается залива Шелихова, то здесь, как и всегда, производители были сконцентрированы в глубоководной его части. В Северо-Охотоморском районе распределение половозрелого минтая отличалось от прошлогоднего. Отличие заключалось в том, что к западу 145° в.д. их скоплений не наблюдалось, а на возвышенности Лебеда и в Притауйском районе площадь скоплений была заметно меньше (рис. 97).

По траловому методу численность составила 38,8 млрд экз., биомасса — 11,1 млн т. Из общего запаса на производителей пришлось 17,3 млрд экз. или 8,5 млн т, а на неполовозрелых особей 21,0 млрд экз. или 2,6 млн т. Соответствующие оценки 2023 и 2022 гг. составили: в 2023 г. — 19,2 млрд экз. или 9,5 млн т, а на неполовозрелых особей пришлось 20,7 млрд экз. или 2,4 млн т, а в 2022 г. производители составляли 22,7 млрд экз. или 10,4 млн т, а численность неполовозрелых особей оценивалась в 28,6 млрд экз., при биомассе — в 2,4 млн т. Приведенные оценки показывают, что в последние три года численность и биомасса производителей постепенно снижаются, численность неполовозрелых рыб снижается, а их биомасса растет.

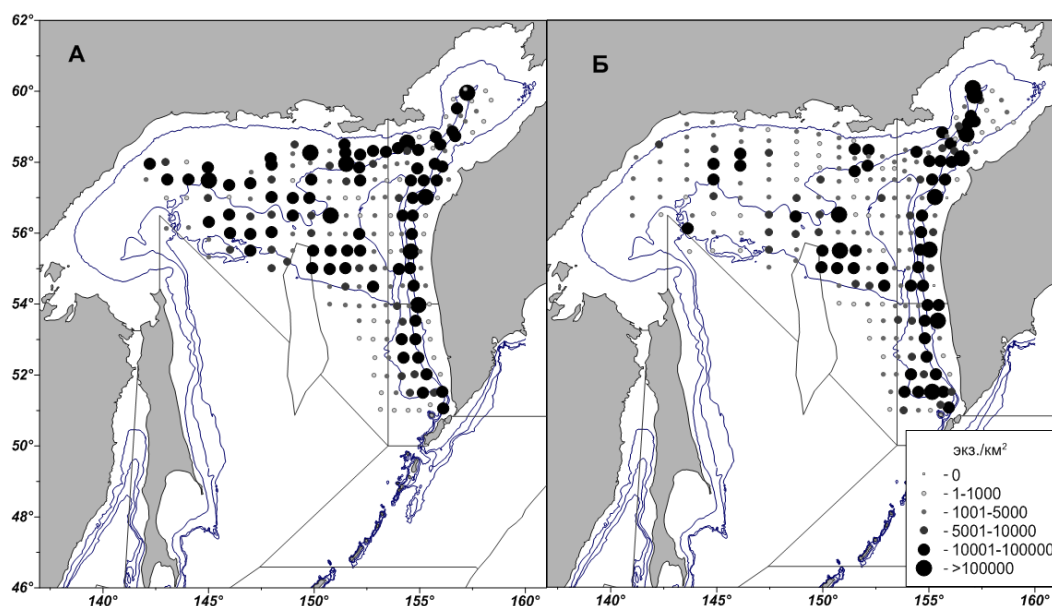


Рис. 97. Распределение половозрелого минтая в Охотском море в 2023 (А) и 2024 (Б) гг.

Последние шесть лет общий размерно-возрастной состав минтая в северо-восточной части Охотского моря имел полимодальную структуру, включающую в себя особей различных возрастов и поколений разной степени урожайности. В 2022 г. размерная структура в сравнении с предыдущим годом изменилась (рис. 98). Доля старшевозрастных особей заметно снизилась, также как и доля 2–3-годовиков размерами 17–25 см. Однако очень существенную часть от общего количества составляли годовики поколения 2021 г. Промысловый запас образовывали особи длиной от 37 до 45 см, среди которых доминировали частично 5-, в большинстве — 6- и 7-годовики. В 2023 г. 2-годовики поколения 2021 г. составляли значительную часть от общей численности минтая, среди половозрелых рыб преобладали 7–6-годовики, доля вступающих в промзапас 5-годовиков была невысока. В 2024 г. снижение доли старшевозрастных особей продолжилось, 3-годовики поколения 2021 г. отчетливо прослеживались в структуре общего запаса, составляя группу рыб длиной 24–29 см, заметны были годовики 2023 г. рождения, однако, это поколение только у Западной Камчатки можно оценить как среднее по численности (рис. 98).

В целом по результатам исследований 2024 г. структуру запаса минтая в северо-восточной части Охотского моря можно оценить как удовлетворительную. Анализ размерно-возрастного состава говорит о том, что в ближайшее два года из-за отсутствия ближнего пополнения промысловый запас из-за естественной смертности урожайных и среднеурожайных поколений, на которых сейчас базируется промысел, продолжит снижаться, при этом будет увеличиваться в уловах доля мелкоразмерного минтая поколения 2021 г. рождения. Ожидается, что снижение запасов североохотоморского минтая может закончиться после 2026 г. Тем не менее, в настоящее время запас продолжает находиться на высоком уровне, выше целевого ориентира по биомассе.

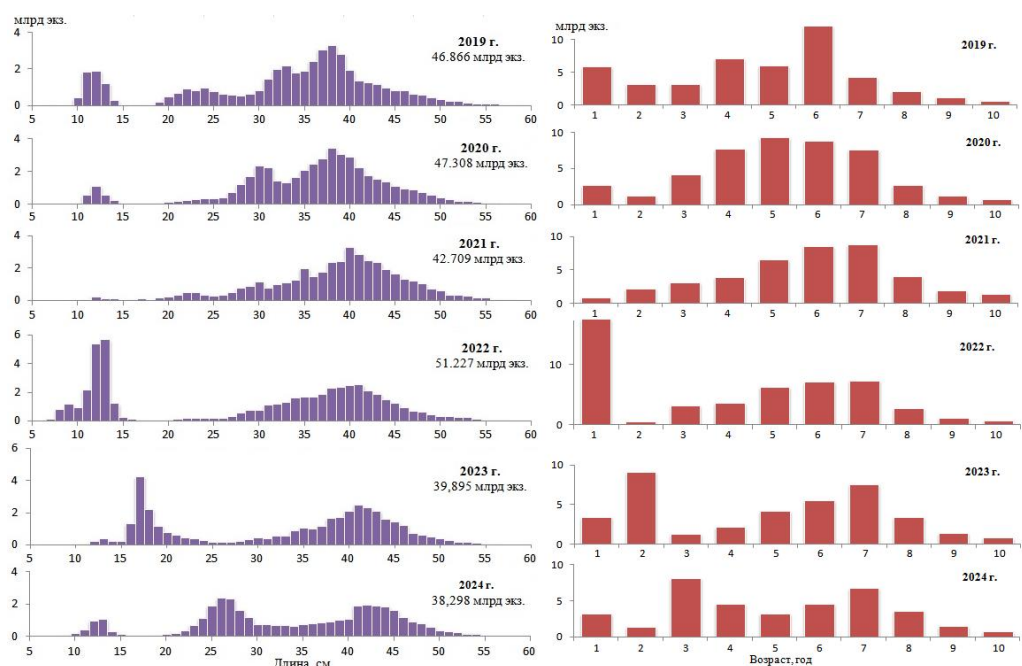


Рис. 98. Размерно-возрастной состав минтая в северной части Охотского моря в 2019–2024 гг. по данным научно-исследовательских траловых съемок

По результатам донной траловой съёмки, выполненной на западнокамчатском шельфе летом 2024 г., уловы минтая на 1 час траления достигали 20,2 т, при среднем значении, равном 0,8 т. Доля вида по массе достигала 91,6%, а в среднем составляла 35,4%. Для сравнения в 2022 г. этот показатель был равен 28,5%. Скопления средней и высокой плотности располагались на глубинах свыше 70 м практически на всем протяжении района работ (рис. 99).

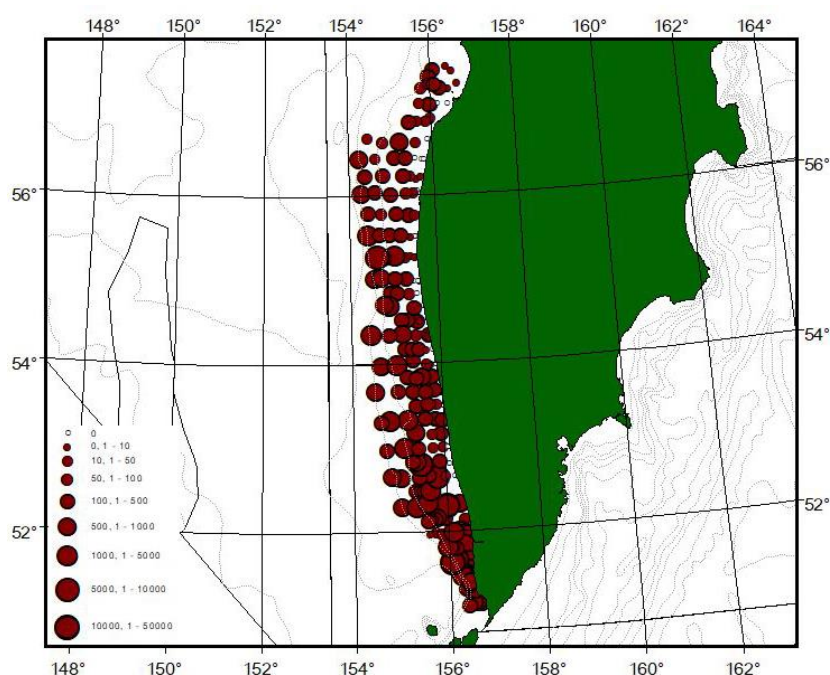


Рис. 99. Схема распределения уловов минтая у Западной Камчатки по результатам донной траловой съёмки в июле–августе 2024 г., кг/час траления

Средняя плотность распределения минтая на обследованной площади составляла 10,5 т/км² или 64,4 тыс. экз./км² (табл. 20), что сопоставимо с показателями 2022 г., но существенно ниже, чем в 2018–2021 гг.

Таблица 20

Межгодовая динамика индекса средней плотности распределения, индекса общей численности и биомассы минтая (КУ=1) на стандартном полигоне у Западной Камчатки по результатам донных траловых съемок

Год	Индекс средней плотности		Индекс общей численности, млн экз.	Индекс общей биомассы, тыс. т
	тыс. экз./км ²	т/км ²		
2014	61,791	16,585	3576,256	959,869
2015	43,560	17,240	2521,091	997,808
2016	86,255	18,079	4992,148	1046,34
2017	35,094	12,622	2031,125	730,527
2018	118,668	27,636	6868,095	1599,45
2019	82,637	11,868	4782,743	686,86
2020	171,320	29,722	9915,376	1720,23
2021	72,913	13,374	4219,968	774,031
2022	67,974	9,730	3934,118	563,157
2023	—	—	—	—
2024	64,427	10,504	3728,809	607,941

Общая учтенная биомасса составила 607,9 тыс. т, что несколько выше, чем в 2022 г., но ниже, чем в 2014–2021 гг.

По результатам донной траловой съемки, в терминальном году длина минтая варьировала от 9 до 83 см (рис. 100), а доминировали особи размерной группы 31–34 см (36,9%). Преобладали рыбы в возрасте 2+ и 4+ лет поколений 2020 и 2022 гг.

Анализ межгодовой динамики размерно-возрастного состава по результатам донных траловых съемок позволяет отнести поколение 2018 г. к разряду средних или высокочисленных (рис. 101), что согласуется с данными весенних траловых съемок. Оно доминировало в уловах с 2019 г. до 2022 г. В то же время генерация 2021 г., которая считается урожайной, себя никак не проявила.

В результате расчетов по когортной модели в пространстве состояний, на начало 2024 г. оценка общего запаса минтая в возрасте 2–13+ лет в северо-восточной части Охотского моря составила 10,0 млн т, а нерестового — 6,4 млн т (рис. 102).

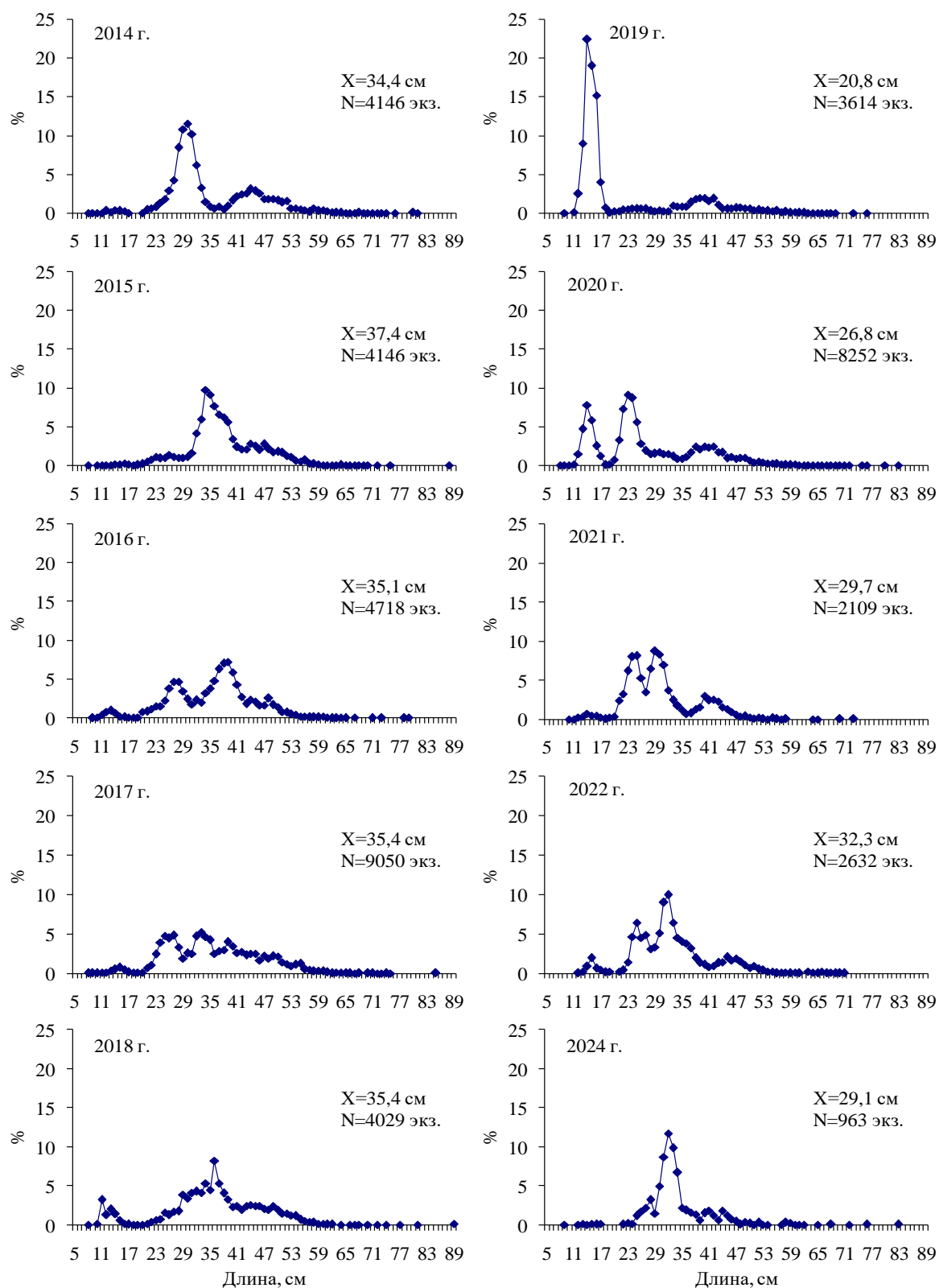


Рис. 100. Межгодовая динамика размерного состава минтая у Западной Камчатки по результатам донных траловых съемок (на графиках указана средняя длина (X) и количество промеров (N))

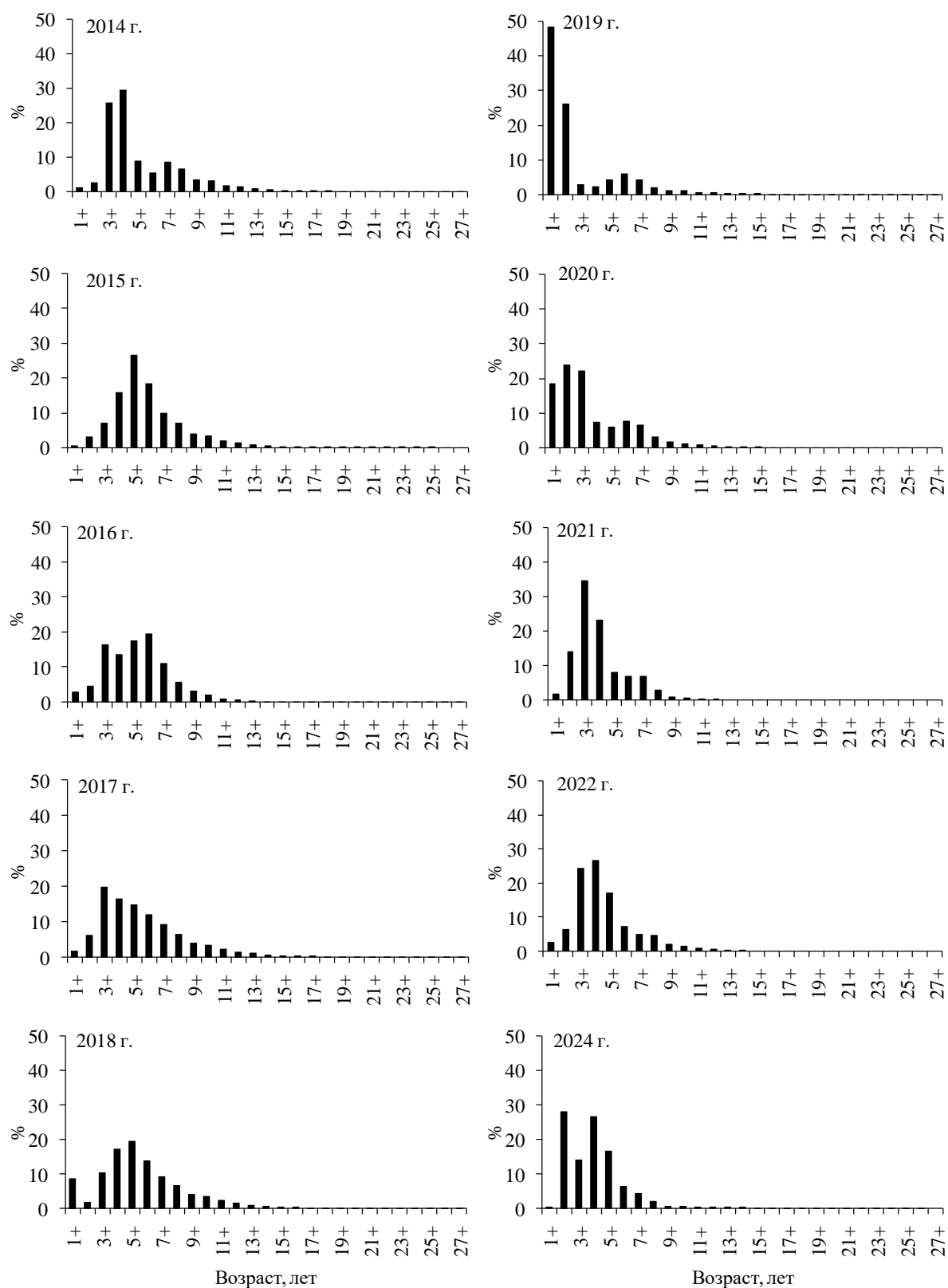


Рис. 101. Межгодовая динамика возрастного состава минтая у Западной Камчатки по результатам донных траловых съемок

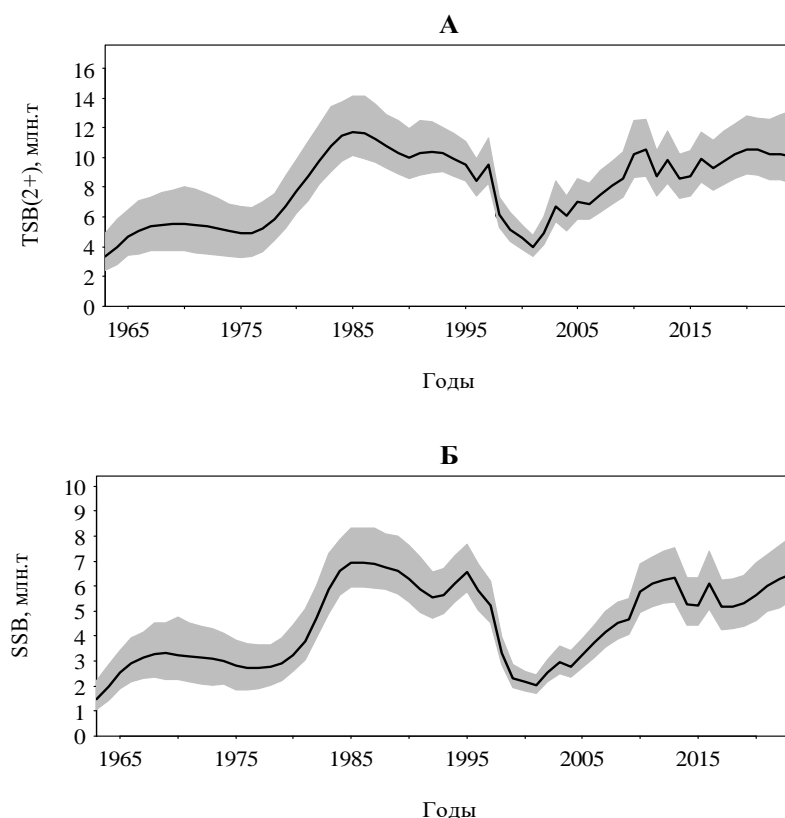


Рис. 102. Межгодовая динамика биомассы общего (А) и нерестового (Б) запаса североохотоморского минтая по когортной модели в пространстве состояний (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Численность поколений 2019, 2020, 2022 гг. по имеющимся данным оценивается ниже, а численность поколений 2014–2017, 2021 гг. — выше среднемноголетнего уровня (рис. 103). В этой связи когортная модель в пространстве состояний показывает некоторую стабилизацию нерестового запаса в 2024 г., и продолжение плавного снижения общего запаса с 2020 г. Тем не менее, ресурсы североохотоморского минтая продолжают находиться на высоком уровне, выше целевого ориентира по биомассе. Необходимо отметить, что поколение 2021 г. по имеющимся данным оценивается, как высокочисленное.

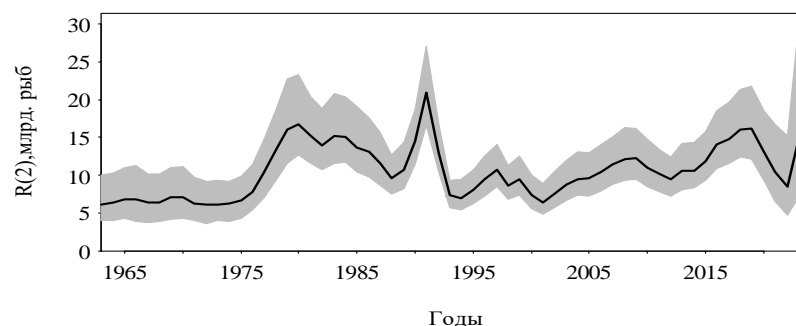


Рис. 103. Межгодовая динамика численности пополнения североохотоморского минтая по когортной модели в пространстве состояний (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Межгодовая динамика мгновенных коэффициентов промысловой смертности представлена на рисунке 104. Хорошо видно, что, исходя из действующего ПРП, промысел североохотоморского минтая в последние годы велся рационально.

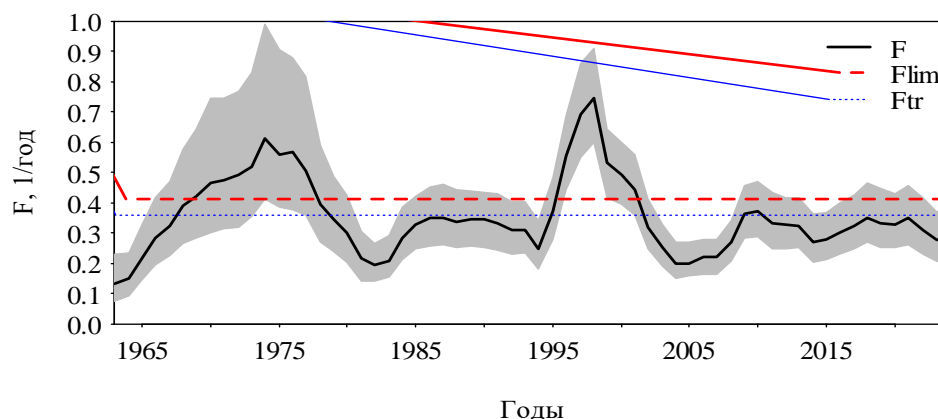


Рис. 104. Межгодовая динамика коэффициентов промысловой смертности североохотоморского минтая по когортной модели в пространстве состояний (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Оценки параметров когортной модели в пространстве состояний представлены в таблице 21. Оцененное значение МКЕС составило $0,255 \text{ год}^{-1}$.

Таблица 21

Оценки параметров когортной модели в пространстве состояний и их коэффициенты вариации

Параметр	Оценка	CV	Параметр	Оценка	CV	Параметр	Оценка	CV
q_{11}	0,033	0,102	σ^2_R	1,000	-	σ^2_{I4}	0,032	0,394
q_{12}	1,324	0,103	a_0	5,938	0,053	ϕ_1	0,631	0,054
q_{13}	1,266	0,115	σ_C	0,297	0,075	ρ	1,623	0,166
q_{14}	1,040	0,114	A	0,069	0,235	M	0,255	0,073
σ^2_F	0,054	0,243	B	0,002	0,390	q_{IR2}	0,246	0,185
σ^2_{r1}	0,001	0,696	σ^2_{I1}	0,003	0,585	q_{IR3}	0,438	0,184
σ^2_{r2}	0,036	0,669	σ^2_{I2}	0,042	0,256	σ^2_{IR}	0,770	0,203
σ^2_{r3}	0,001	0,009	σ^2_{I3}	0,044	0,363			

Динамика модельных коэффициентов селективности представлена на рисунке 105. Можно увидеть изменения в селективности, связанные с последствиями введения в 2001 г. запрета (п. 32.4 в современной редакции Правил рыболовства) на использование при специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки с квадратным расположением ячеи, устанавливаемой между мотенной частью трала и траловым мешком (кутцом). В последние годы происходит увеличение селективности в отношении мелкоразмерного минтая, обусловленное ростом, начиная с 2016 г., числа судов на промысле

минтая, оснащенных тралами «западных» проектов («Атлантика» (несколько модификаций), «Egersund», «Gloria» (несколько модификаций) и др.) [Варкентин и др., 2021].

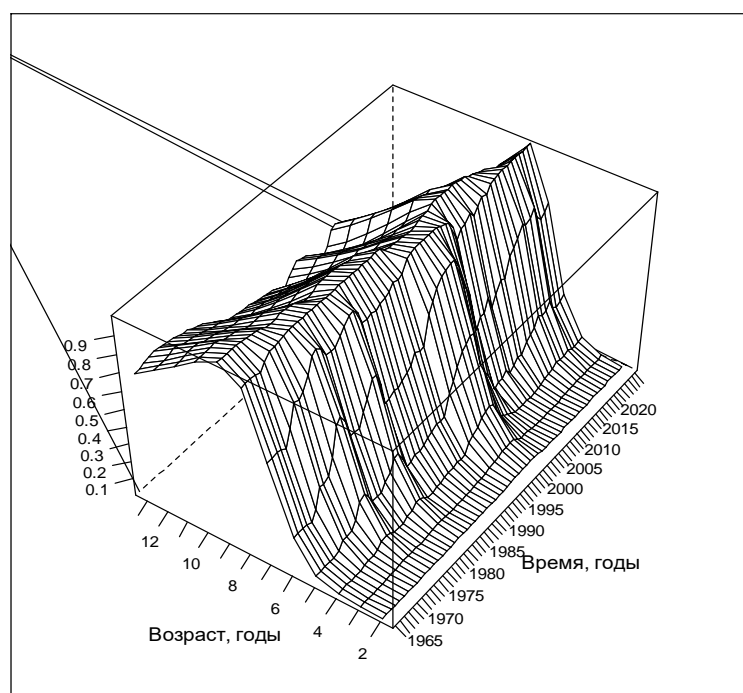


Рис. 105. Динамика коэффициентов селективности североохотоморского минтая

Межгодовая динамика модельных и наблюдаемых индексов запаса североохотоморского минтая представлена на рисунках 106–107.

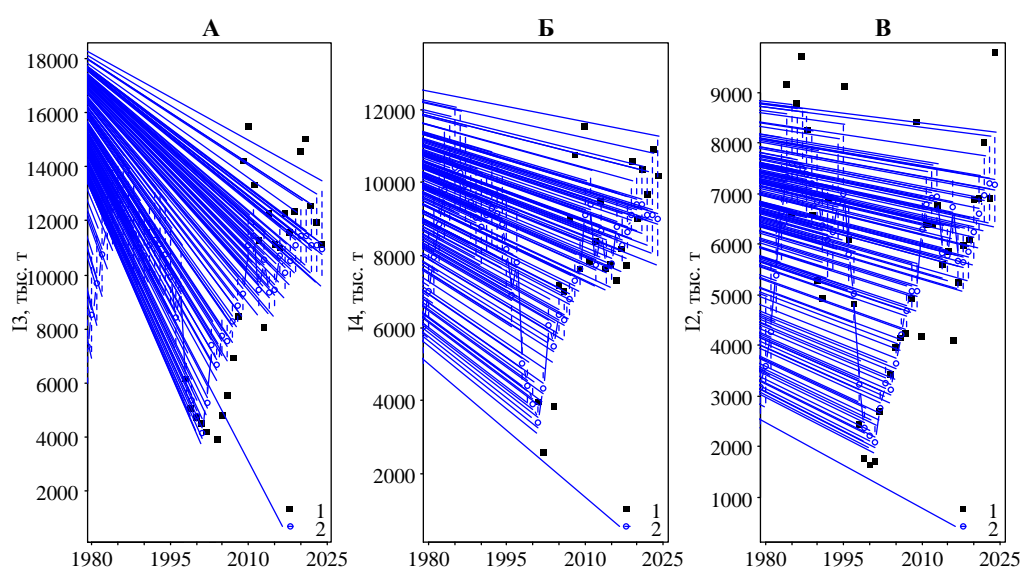


Рис. 106. Межгодовая динамика модельных с доверительными границами и наблюдаемых индексов запаса — общий запас по траловым (А) и акустическим (Б) съемкам, нерестовый запас по ихтиопланктонным съемкам (В)

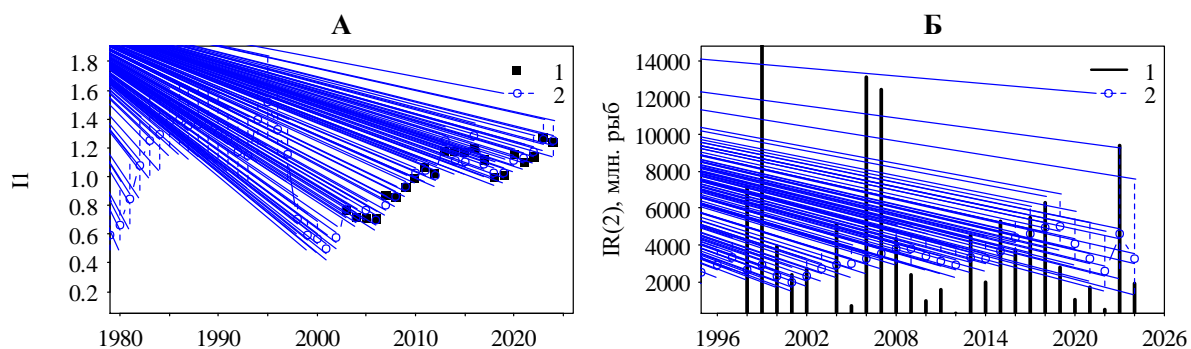


Рис. 107. Межгодовая динамика модельных с доверительными границами и наблюдаемых индексов запаса — нормированный стандартизованный улов на усилие (А) и численность пополнения по данным траловых съемок (Б)

Поскольку в модели предполагается нормальное распределение отклонений логарифмов наблюдений от их одношаговых прогнозов по модели, необходимо проверить эти предположения. Проверка гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий отклонений осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты ретроспективного анализа (7 лет) оценок биомассы нерестового запаса североохотоморского минтая представлены на рисунке 108. Значение показателя Мона ρ [Mohn, 1999] для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило -5,3%. В работе Хуртадо-Ферро с соавторами [Hurtado-Ferro et al, 2015] были предложены пороговые значения показателя Мона ρ для долгоживущих видов рыб: нижний — -15%, верхний — 20%. Таким образом, расчеты свидетельствуют об отсутствии значимой ретроспективной смещенности модельных оценок нерестовой биомассы.

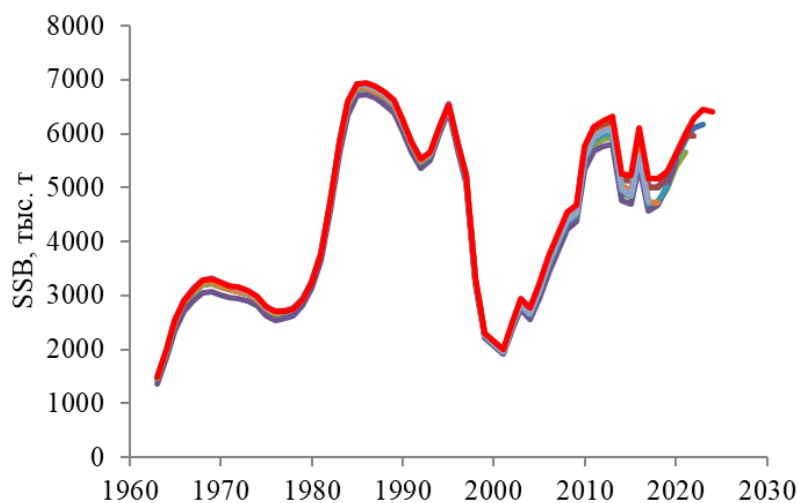


Рис. 108. Результаты ретроспективного анализа оценок нерестовой биомассы североохотоморского минтая

Промысел. В Охотском море промысел минтая ведется с 1950-х гг. Добывали его сначала японские и корейские, а с 1963 г. — и отечественные рыбаки [Шунтов и др., 1993; Варкентин, Сергеева, 2017]. Основным районом промысла в начальный период был западнокамчатский шельф, причем до 1984 г. — исключительно район, лежащий к югу от 54-ой параллели (в Камчатско-Курильской подзоне), что определяли действовавшие тогда Правила рыболовства. В Северо-Охотоморской подзоне промысел минтая начат в 1977 г. До 1984 г. здесь вылавливали от 0,2 тыс. т до 100 тыс. т или не более 17,2% общего вылова по всему морю. С 1985 г. значение этого района резко возросло. Максимальный вылов в 847,6 тыс. т был зарегистрирован в 1995 г. [Фадеев, Веспестад, 2001; Варкентин, Сергеева, 2017].

В 1990-х гг. активный промысел минтая велся в анклаве, однако данные о вылове есть только за 1991–1994 гг. В 1992 г. здесь добыто около 693 тыс. т. За всю историю промысла минтая в северо-восточной части Охотского моря рекордный вылов в указанных рыбопромысловых районах, равный 1925 тыс. т, зарегистрирован в 1997 г. (рис. 109). Затем, из-за резкого снижения запасов, к 2004 г. он сократился более чем в 5 раз. С 2005 г. вылов увеличивался и в 2010 г. достиг 990 тыс. т. В связи со снижением ресурсов североохотоморского минтая, с 2011 г. суммарный ОДУ снижался, соответственно, уменьшался и вылов. С 2015 г. вылов вновь увеличивался и в 2020 г. добыто 1057,8 тыс. т минтая (99,4% ОДУ) (табл. 22).

Таблица 22

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ минтая по рыбопромысловым районам северо-восточной части Охотского моря в последнее десятилетие

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
1	2	3	4
Северо-Охотоморская подзона			
2015	325,4	321,670	98,9
2016	348,0	345,959	99,4
2017	348,0	345,021	99,1
2018	348,0	346,749	99,6
2019	347,1	344,728	99,3
2020	383,0	381,805	99,7
2021	381,6	367,790	96,4
2022	344,2	343,118	99,7
2023	322,9	313,126	97,0
2024	342,5	342,002	99,9
Западно-Камчатская подзона			
2015	325,4	470,198	144,5
2016	348,0	158,209	45,5
2017	348,0	230,182	66,1
2018	348,0	188,722	54,2
2019	347,1	291,590	84,0
2020	383,0	320,588	83,7
2021	381,6	211,743	55,5
2022	344,2	284,384	82,6

1	2	3	4
2023	322,9	411,242	127,4
2024	342,5	306,779	89,6
Камчатско-Курильская подзона			
2015	253,2	102,503	40,5
2016	270,7	451,971	167,0
2017	270,7	386,139	142,6
2018	270,7	427,738	158,0
2019	269,8	323,216	119,8
2020	298,0	355,442	119,3
2021	296,9	401,432	135,2
2022	267,6	318,843	119,1
2023	251,2	149,995	59,7
2024	266,5	288,220	108,2
Вся северная часть Охотского моря			
2015	904,0	894,371	98,9
2016	966,7	956,139	98,9
2017	966,7	961,342	99,4
2018	966,7	963,209	99,6
2019	964,0	959,534	99,5
2020	1064,0	1057,835	99,4
2021	1060,1	980,965	92,5
2022	956,0	946,345	99,0
2023	897,0	874,363	97,5
2024	951,5	937,001	98,5

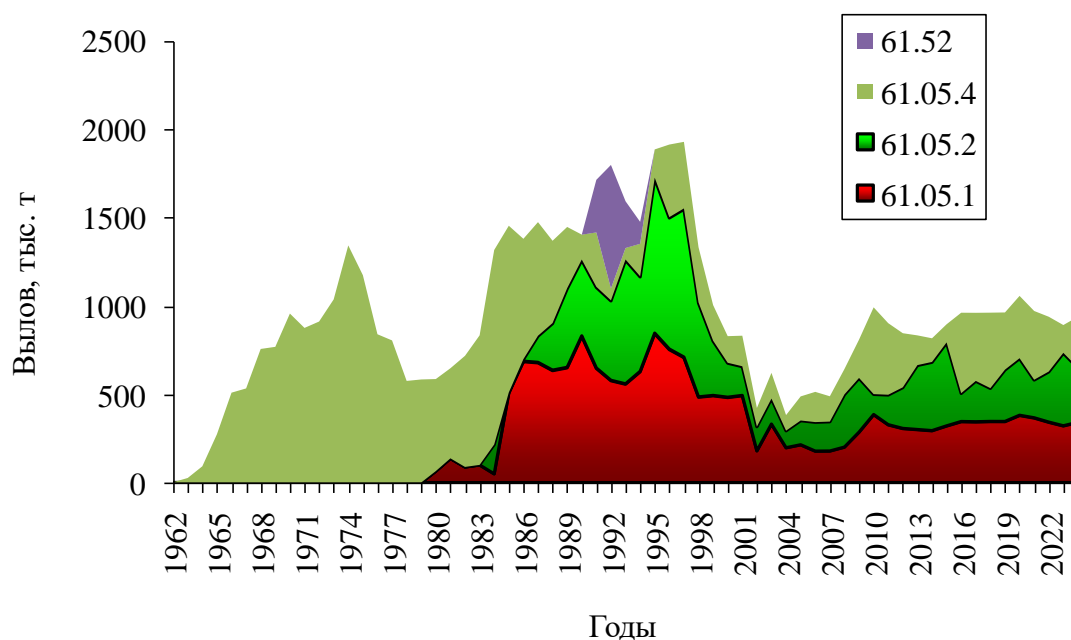


Рис. 109. Межгодовая динамика вылова минтая в северо-восточной части Охотского моря

В 2021 г. суммарно в трех подзонах северо-восточной части Охотского моря добыто 980,965 тыс. т этого вида или 92,5% ОДУ. Столь невысокое освоение ОДУ по сравнению с прошлыми годами связано, главным образом,

со сложностями прохождения путины в условиях новой коронавирусной инфекции COVID-19. В последующие 2 года ОДУ и вылов снижались, и в 2023 г. было добыто 874,4 тыс. т (97,5% ОДУ). В 2024 г. ОДУ был увеличен до 951,5 тыс. т, добыто 937,0 тыс. т (98,5% ОДУ).

С 2010 г. и по настоящее время вылов минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах разрешен в счет общего ОДУ. В одни годы (2013–2015, 2023–2024 гг.) основной промысел у Западной Камчатки велся в первой из указанных подзон, в другие (2010–2012, 2016–2022 гг.) — во второй, что связано, в первую очередь, с межгодовой динамикой распределения рыб, а также синоптическими, термическими и ледовыми условиями в период путины.

Основным орудием лова минтая в ИЭЗ Охотского моря, как и в других районах его добычи, является разноглубинный трал. В Северо-Охотморской подзоне за последние 10 лет доля вылова этим орудием лова изменялась незначительно, в среднем, составляя 99,1% (рис. 110). В Западно-Камчатской подзоне в рассматриваемый период относительный вклад в общий вылов минтая разноглубинных тралов варьировал от 83,6% (2016 г.) до 96,6% (2019 г.), а в среднем составлял 93,0%. Вторым по значимости орудием лова в этом районе является снюрревод. В 2015–2024 гг. его вклад в общегодовой вылов изменялся от 1,9% (2023 г.) до 15,6% (2016 г.), а в среднем составлял 6,5%. Траловый промысел является основным и в Камчатско-Курильской подзоне. В последние 10 лет доля вылова на этом виде лова варьировала от 60,7% (2015 г.) до 95,6% (2021 г.) при среднем значении, равном 84,6%.

В незначительных объемах в рассматриваемых районах минтай добывают в качестве прилова на траловом промысле сельди, донном траловом промысле трески, камбал, наваги, ярусном промысле трески, палтусов.

Промысел минтая в северной части Охотского моря имеет четко выраженный сезонный характер, связанный как с особенностями биологии, распределения объекта в течение года, действующими Правилами рыболовства, так и с экономическими причинами, в частности, рентабельностью лова.

Согласно п. 28.1 Правил рыболовства, специализированный промысел минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах разрешен с 1 января до 1 апреля, а в Северо-Охотморской — до 10 апреля (так называемый, сезон «А») и далее с 16 октября — в Северо-Охотморской подзоне — и с 2 ноября — в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах — до конца года (сезон «Б»). Принимая во внимание высокую рентабельность лова за счет возможности производства дорогостоящей икры, наибольшее предпочтение промышленниками отдается сезону «А». Основным орудием специализированного лова минтая это время является разноглубинный трал. Так, в 2024 г. в январе–апреле суммарно всеми орудиями лова было освоено порядка 88,7% годового вылова этого вида в северо-восточной части Охотского моря, в т.ч. тралами — 86,2% (рис. 111). В октябре–декабре указанные показатели были соответственно равны 7,5% и

7,3%. Невысокие объемы вылова в сезон «Б» объясняются тем, что минтай в это время еще продолжает нагульные миграции, плотные скопления не образует, выход икры невысок.

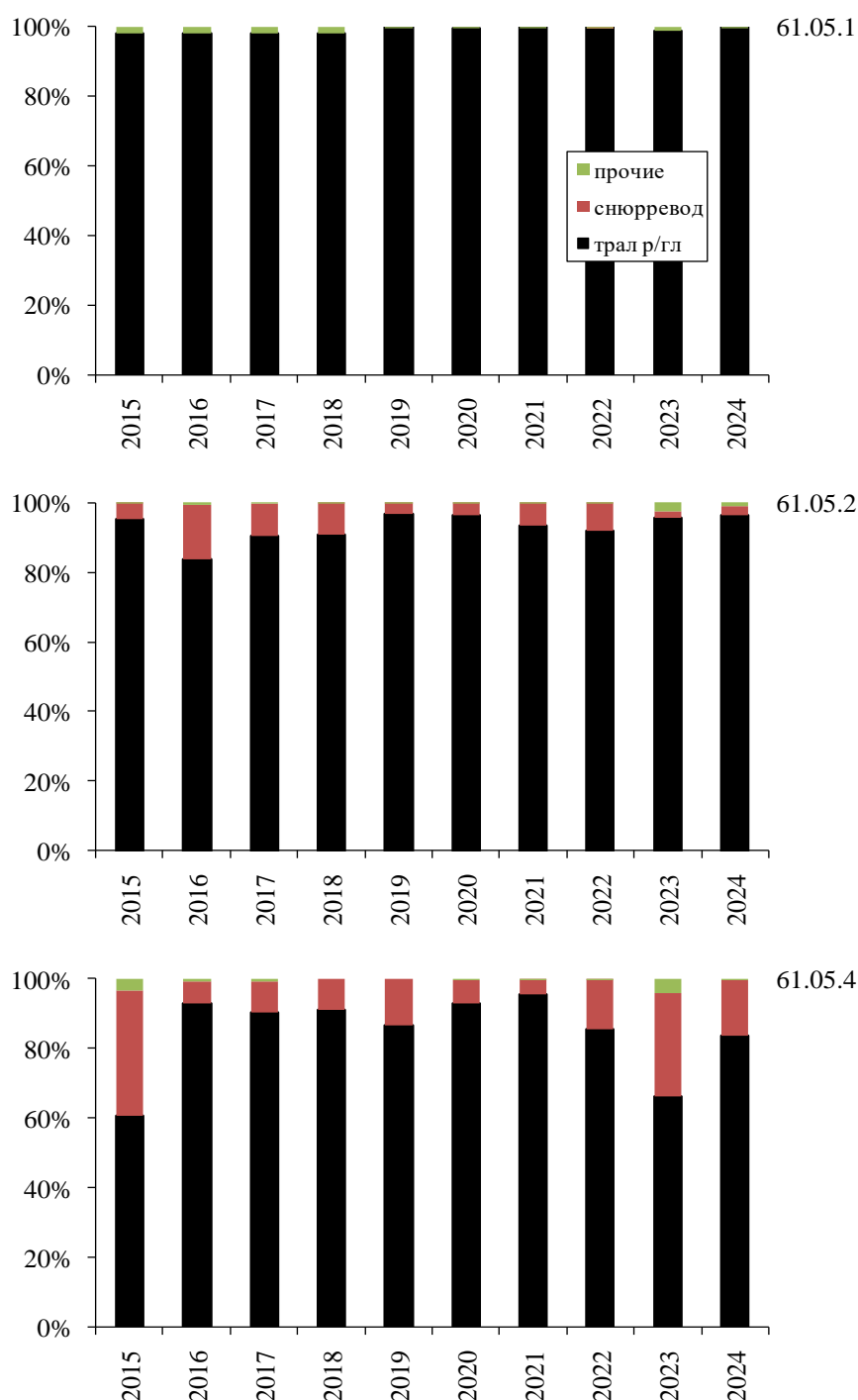


Рис. 110. Межгодовая динамика соотношения вылова минтая в северной части Охотского моря по орудиям лова

В отличие от тралового, снюрреводный промысел минтая у Западной Камчатки ведется практически круглогодично, однако, наибольший вылов, по экономическим причинам, приходится на первую половину года. Так, в январе–июне 2024 г. было освоено порядка 46,3 тыс. т минтая или 86,7%

годового вылова этим орудием лова (рис. 111). Далее, в связи с завершением нереста минтая и, соответственно, снижением коммерческой стоимости сырца, вылов закономерно уменьшается. Тем не менее, этот вид являлся неотъемлемой частью уловов при ведении прибрежного рыболовства донных видов рыб вплоть до конца года.

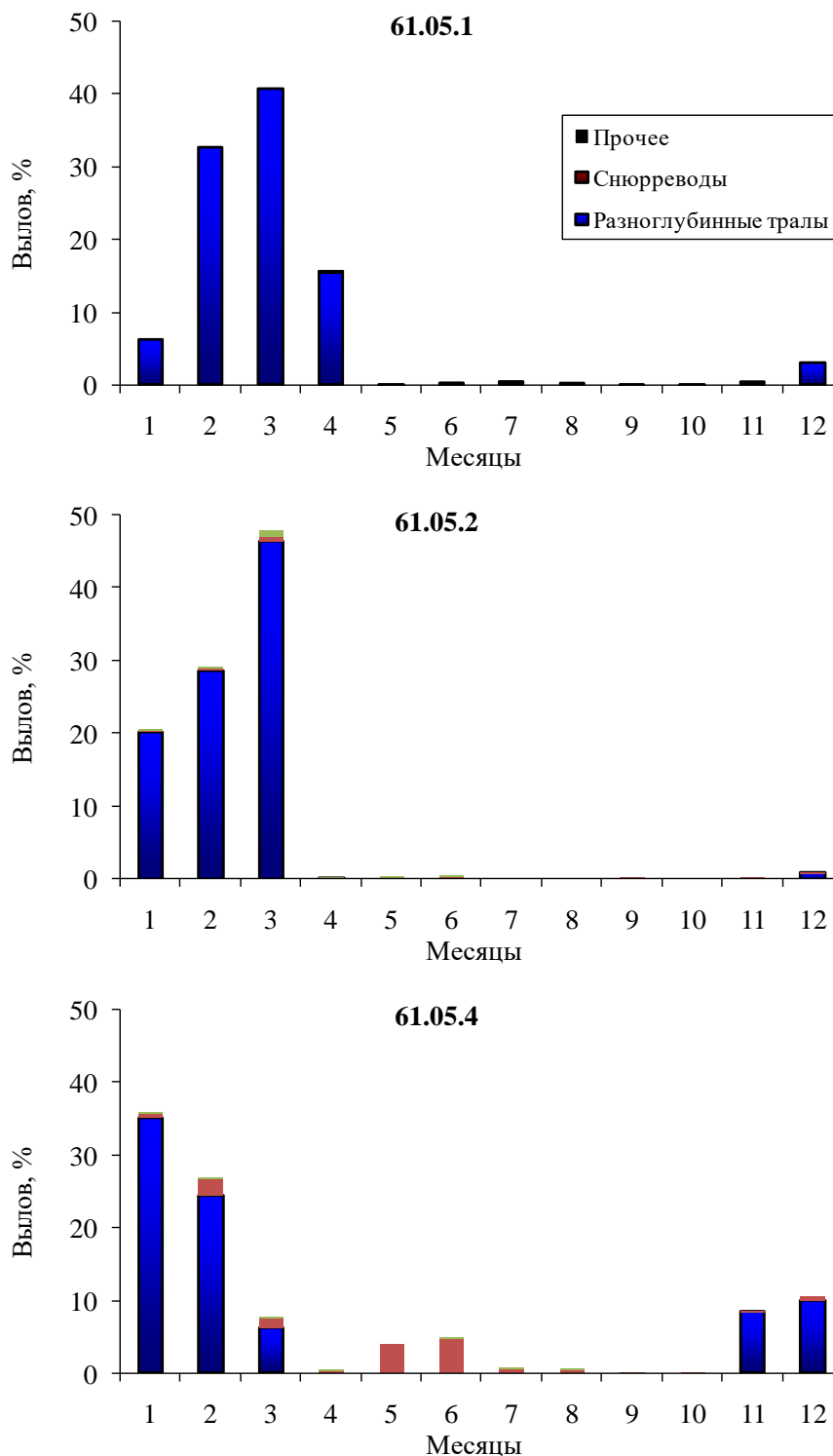


Рис. 111. Вылов минтая в северо-восточной части Охотского моря по орудиям лова и месяцам в 2024 г.

Межгодовая динамика индекса улова на единицу усилия на специализированном траловом промысле минтая в северо-восточной части Охотского моря представлена на рисунке 112. Видно, что после максимума в 2016 г. в последующие 2 года он снижался, в 2018–2019 гг. — был примерно на одном уровне, а далее увеличивался, достигнув в 2023 г. максимального за рассматриваемый период значения. В терминальном году значение индекса снизилось, тем не менее, он оставался на высоком уровне, что косвенно свидетельствует о благополучном состоянии запасов.

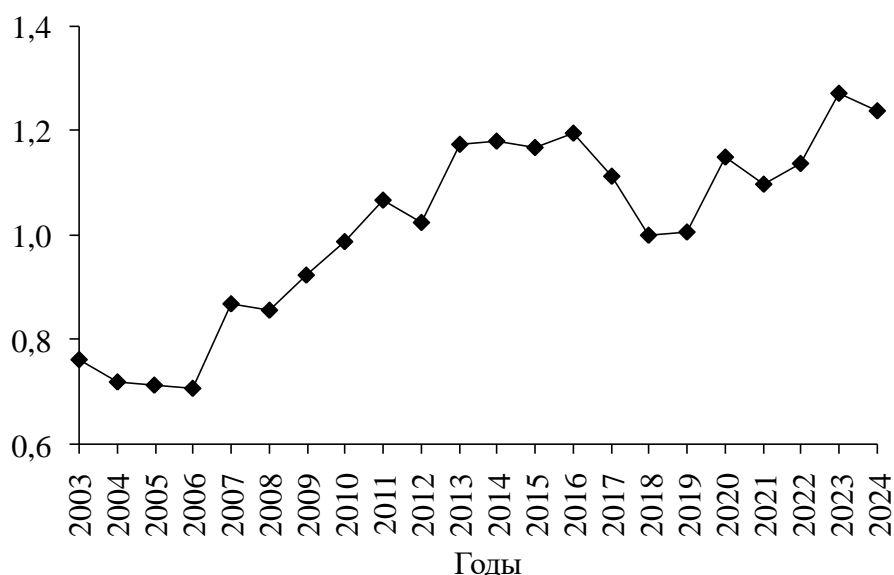


Рис. 112. Межгодовая динамика индекса улова на единицу усилия на специализированном траловом промысле минтая в северо-восточной части Охотского моря

По информации научных наблюдателей, в Северо-Охотморской подзоне в январе 2024 г. в траловых уловах доминировал минтай длиной 38–43 см (50,0%), при этом на кривой размерного состава отчетливо выделялся небольшой пик в размерных группах 21–23 см (8,4%), ассоциируемый с поколением 2022 г. (рис. 113). Средний прилов рыб непромысловой длины (менее 35 см по АД или менее 37 см по АС) превышал установленный Правилами рыболовства предел в 20% и составлял 32,7%. В феврале в указанной подзоне размерный состав минтая в уловах изменился: при доминировании тех же размерных групп (59,6%), что и месяцем ранее, прилов молоди был минимальным. Относительное количество рыб длиной менее 37 см в среднем составляло 10,4%. Близкий размерный состав минтая отмечен также в марте и первой декаде апреля.

В Западно-Камчатской подзоне в январе основу траловых уловов составляли рыбы размерных групп 38–43 см (64,7%). Прилов молоди в среднем составлял 17,2%. В феврале в уловах отмечены маломерные особи длиной 25–27 см (8,0%), очевидно, относящиеся к поколению 2021 г. Средняя длина закономерно уменьшилась, а средний прилов рыб непромысловой длины — напротив, увеличился до 25,5%. В марте вновь в уловах доминировал среднеразмерный и крупный минтай длиной 39–45 см

(69,9%), средняя длина увеличилась, а средний прилов молодежи снизился до 10,7%. В декабре основу уловов составляли особи размерных групп 39–45 см (64,8%).

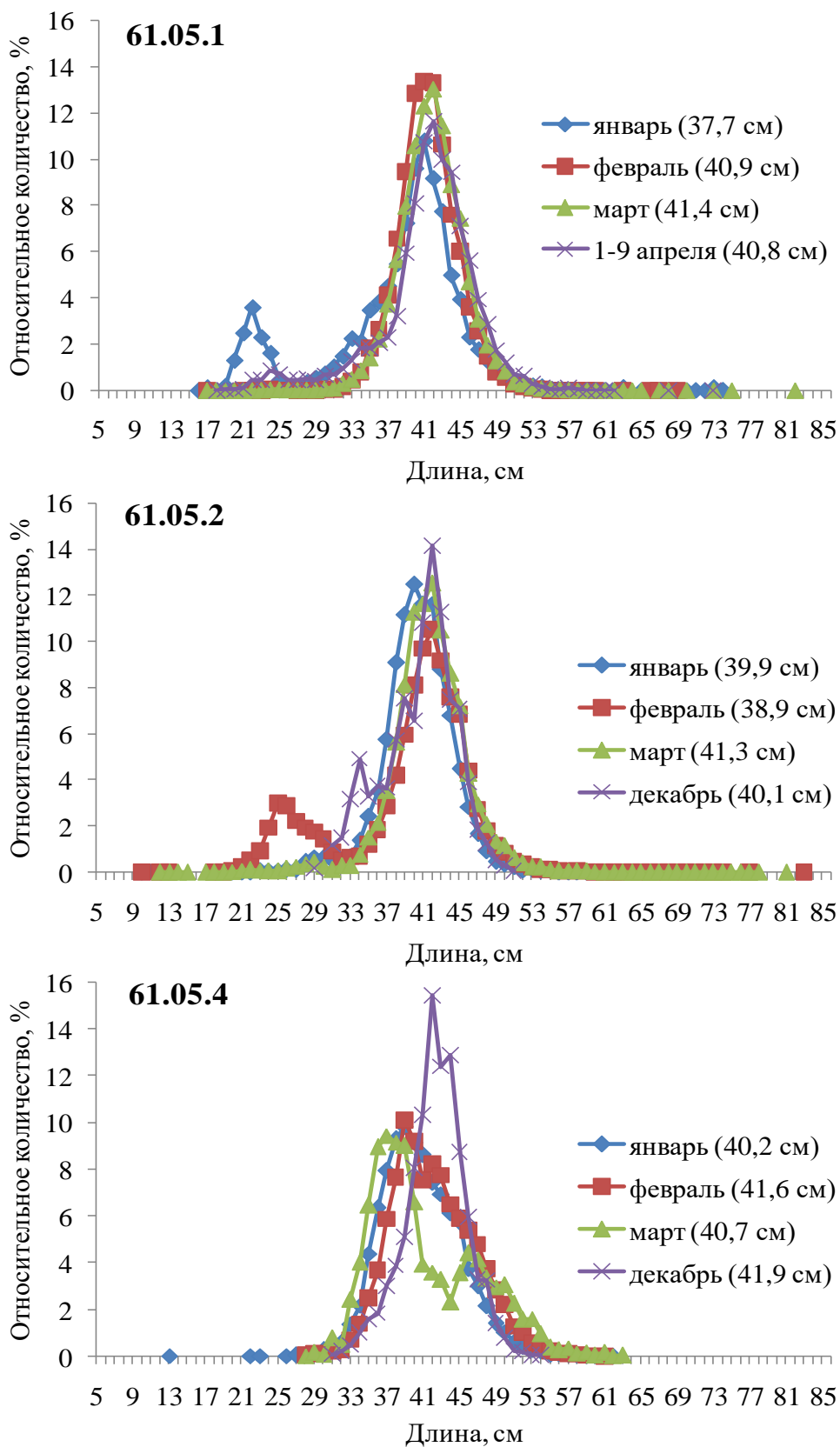


Рис. 113. Размерный состав минтая в промысловых траловых уловах в 2024 г. в северо-восточной части Охотского моря (в скобках — средняя длина рыб)

В Камчатско-Курильской подзоне в январе–марте 2024 г. размерный состав минтая в траловых уловах различался незначительно. Превалировали рыбы размерных групп 36–45 см (около 70%). Средний прилов молоди варьировал от 14,7% — в феврале — до 32,8% — в марте. В декабре основу уловов составляли особи тех же размерных групп, что и в Западно-Камчатской подзоне — 39–45 см (72,8%).

У Западной Камчатки в уловах снюрреводом размерный состав минтая значительно изменялся по месяцам, а, в целом, превалировали более крупные рыбы, чем в траловых уловах (рис. 114).

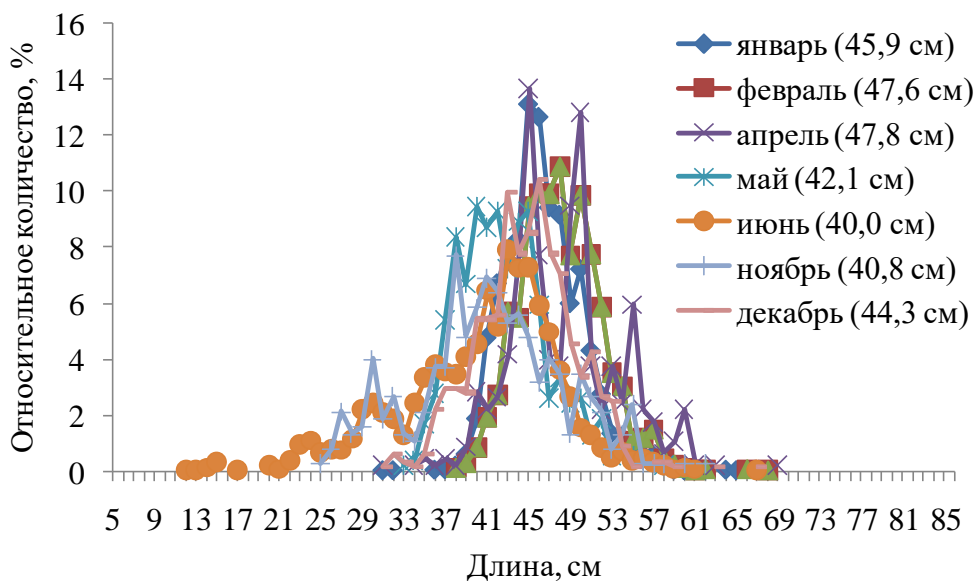


Рис. 114. Размерный состав минтая в промысловых снюрреводных уловах в 2024 г. у Западной Камчатки (в скобках — средняя длина рыб)

Итоговый размерный состав минтая в промысловых траловых уловах в северо-восточной части Охотского моря рассчитывали отдельно по подзонам и месяцам с учетом вылова, переведенного в количественное выражение (млн шт.), и выбросов молоди. Общий размерный состав минтая в снюрреводных уловах определяли суммарно для Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон по месяцам также с учетом вылова в количественном выражении. Годовой размерный состав рассчитывали путем суммирования итоговых размерных составов в траловых и снюрреводных уловах в млн экз. Из-за недостаточного объема данных приняли ряд допущений:

— в траловых уловах в Северо-Охотоморской подзоне в октябре–декабре размерный состав принят таким же, как в Западно-Камчатской подзоне в декабре, в подзоне Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской в ноябре — таким же, как в декабре;

— в снюрреводных уловах у Западной Камчатки в марте размерный состав принят аналогичным февральскому, а в июле–октябре — июньскому.

В целом, в 2024 г. в северо-восточной части Охотского моря в промысловых уловах встречался минтай длиной 10–83 см в возрасте 1–27 лет, а доминировали особи размерной группы 38–45 см (69,8%),

возрастных групп 6–7 лет (59,1%) (рис. 115–116). Модальной возрастной группой были 7-годовики (30,4%) поколения 2017 г., на втором месте по частоте встречаемости — 6-годовики поколения 2018 г. Средняя длина рыб составила 40,7 см, средний возраст — 6,6 лет (рис. 115–116).

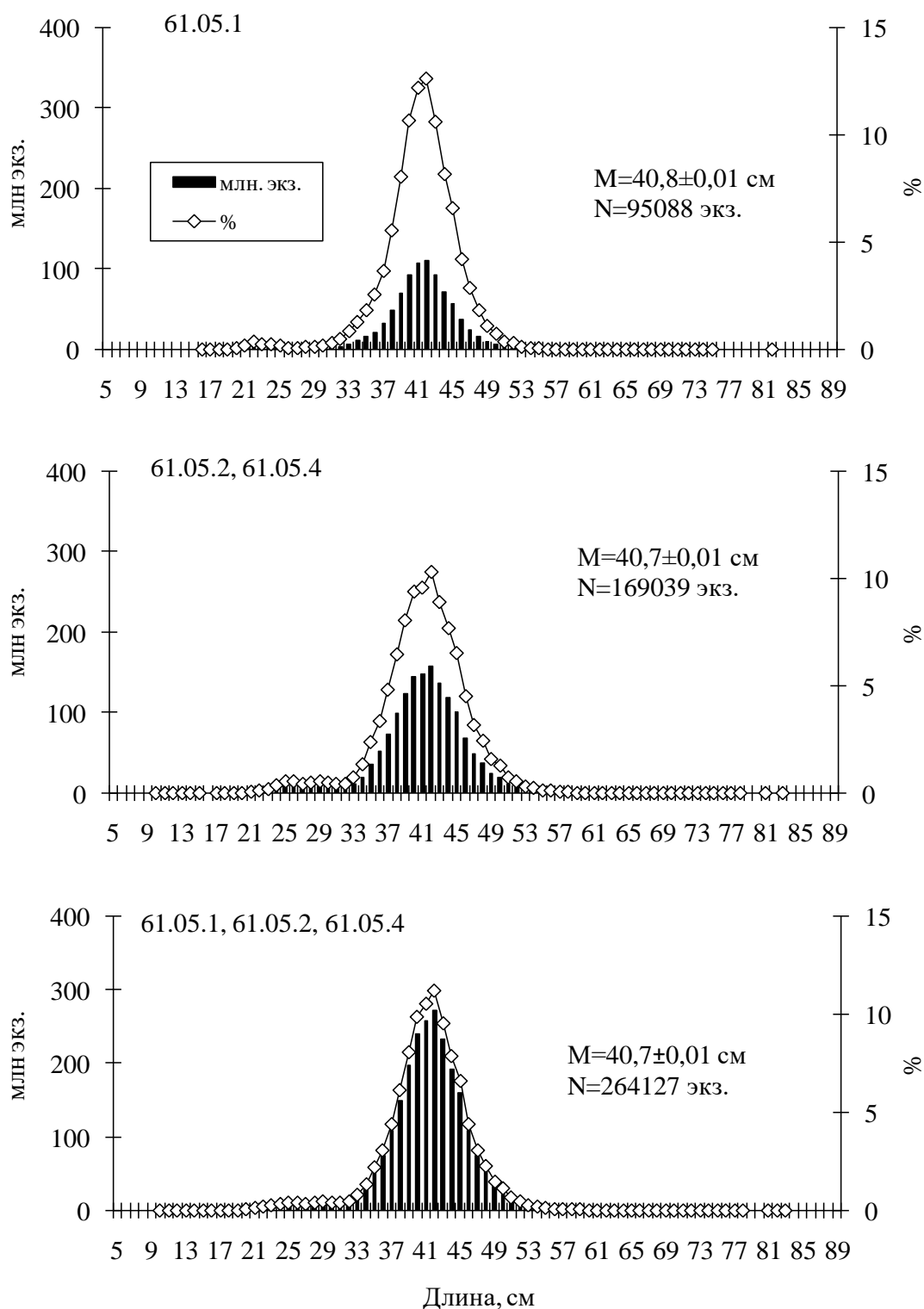


Рис. 115. Обобщенный размерный состав минтая в промысловых траловых и снюрреводных уловах в северо-восточной части Охотского моря в 2024 г. (М — средняя длина рыб, N — количество промеров)

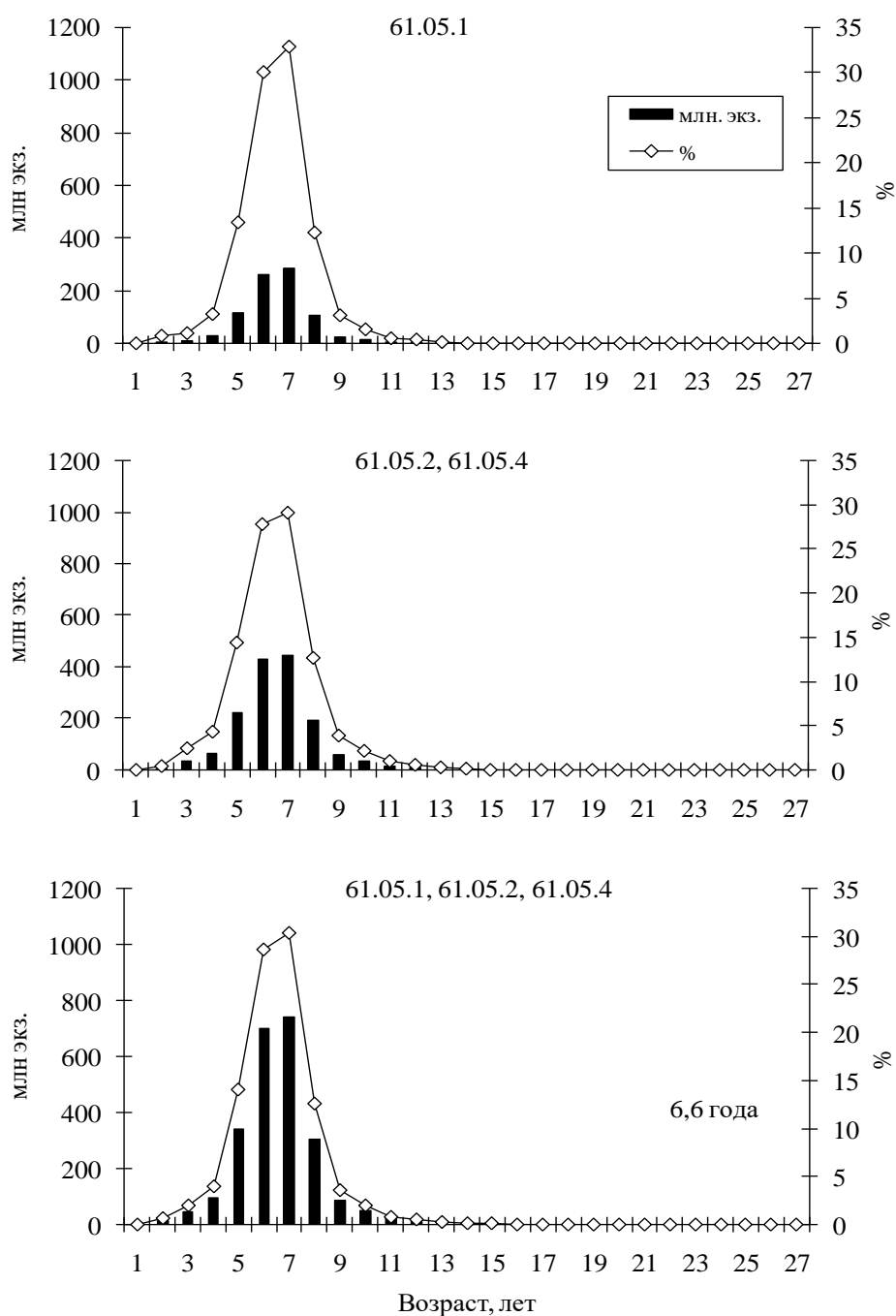


Рис. 116. Итоговый возрастной состав минтая в промысловых траловых и снюрреводных уловах в северо-восточной части Охотского моря в 2024 г.

Анализ межгодовой динамики размерно-возрастного состава минтая в промысловых уловах позволяет к числу урожайных с начала XXI века отнести поколения 2004–2005, 2011 гг., средних по численности — 2002, 2006, 2013–2014, 2018 гг., неурожайных — 2001, 2003, 2007–2010, 2012, 2015–2020 гг. (рис. 117–118). Поколение 2021 г. по данным учетных траловых съемок в северо-восточной части Охотского моря в весенний период отнесено к категории урожайных, по промысловым данным оно, скорее, является малочисленным. Об урожайности поколения 2022 г. по промысловым данным пока судить преждевременно.

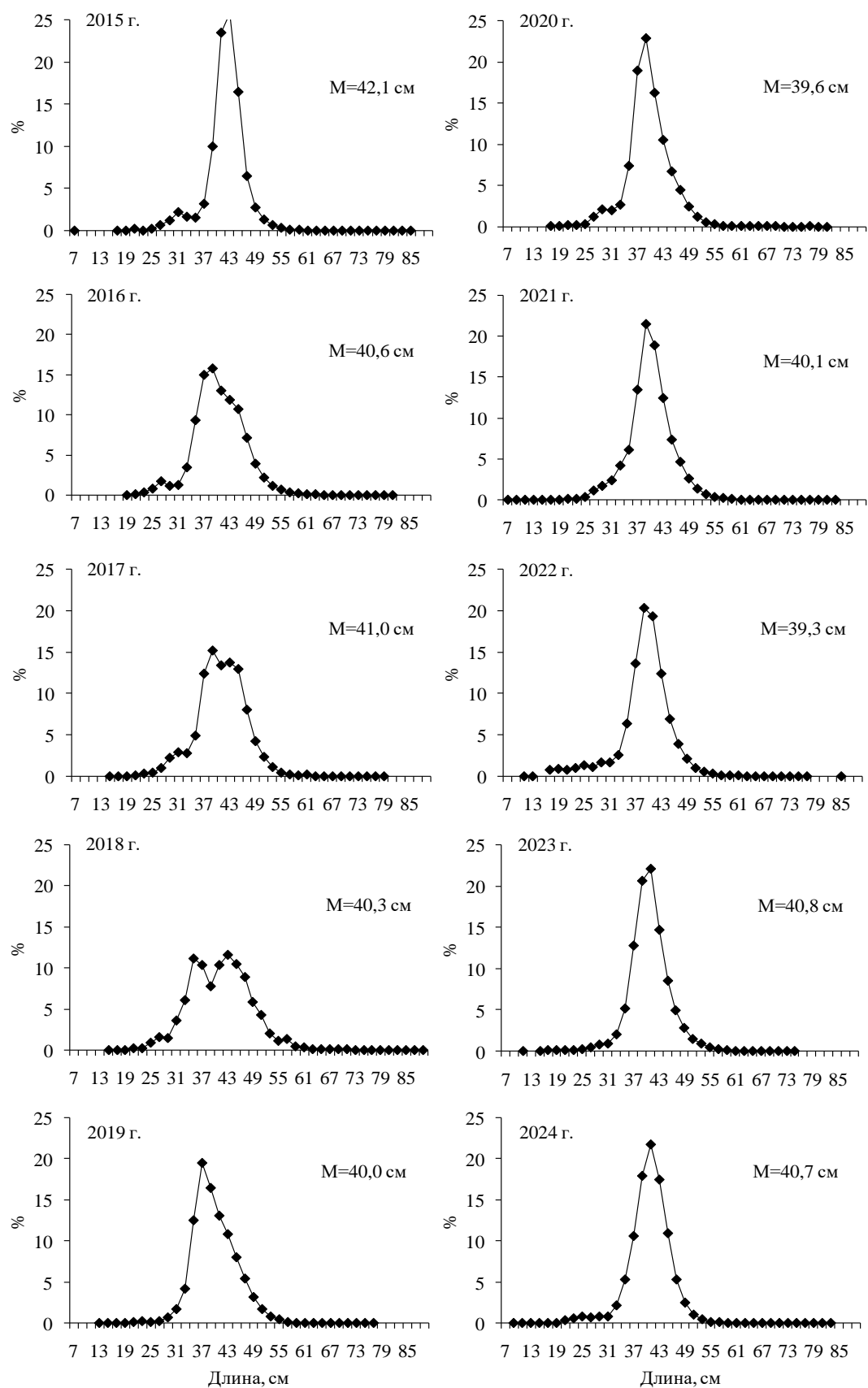


Рис. 117. Межгодовая динамика размерного состава минтая в промысловых уловах в северо-восточной части Охотского моря (указана средняя длина), %

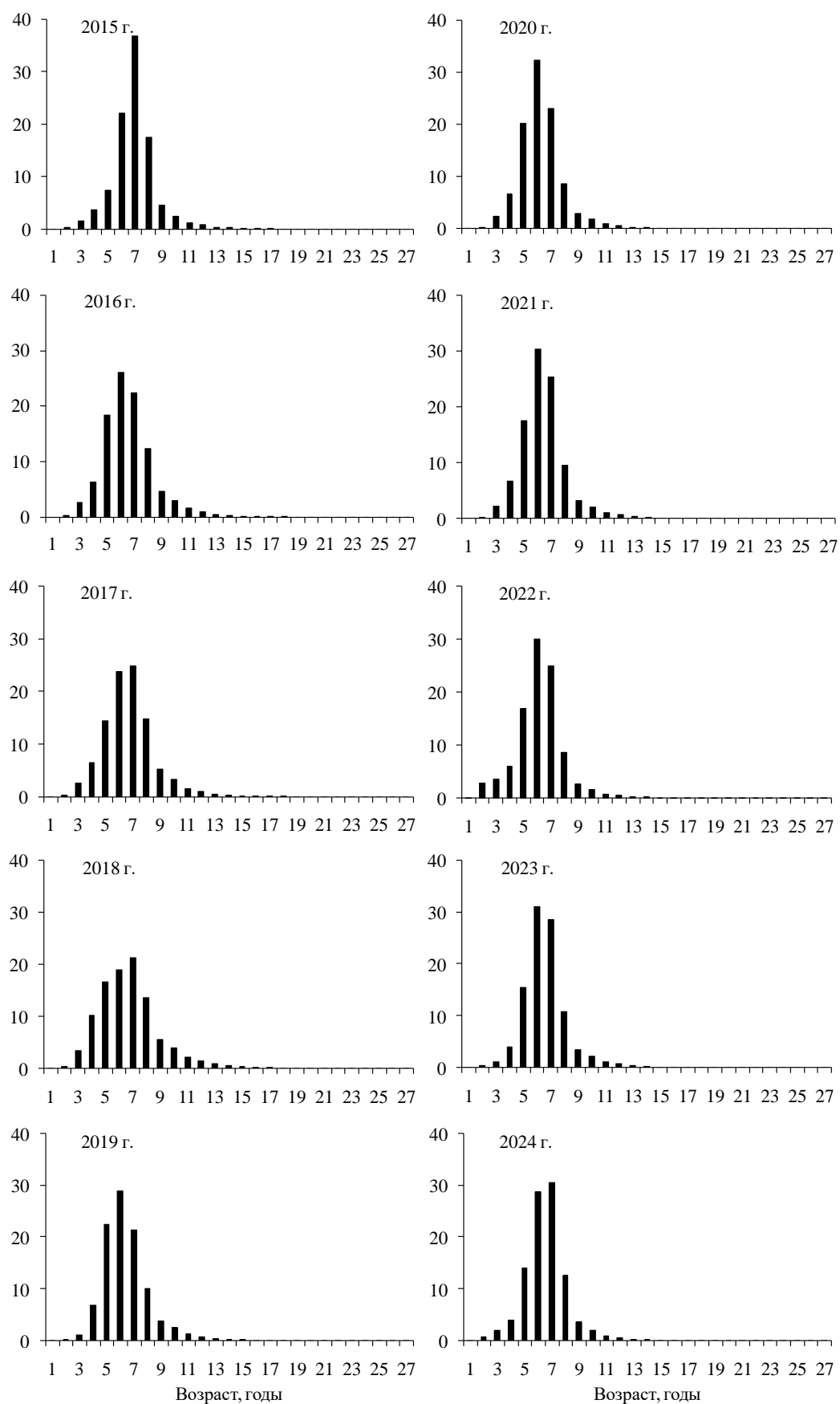


Рис. 118. Межгодовая динамика возрастного состава минтая в промысловых уловах в северо-восточной части Охотского моря, %

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления для когортной модели в пространстве были определены в обосновании ОДУ североохотоморского минтая на 2025 г. по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло (табл. 23). Остались они неизменными и в настоящем обосновании.

Таблица 23

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров североохотоморского минтая

	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
F_{msy} (Рикер), 1/год	0,345	0,358	0,389	0,412	0,442	0,478	0,490	0,415	0,038
F_{msy} (Бивертон-Холт), 1/год	0,256	0,281	0,332	0,376	0,418	0,536	0,571	0,383	0,079
$F_{40\%}$, 1/год	0,300	0,307	0,328	0,348	0,369	0,403	0,417	0,350	0,030
$F_{35\%}$, 1/год	0,363	0,372	0,397	0,423	0,451	0,497	0,516	0,427	0,039
$F_{0,1}$, 1/год	0,330	0,345	0,401	0,438	0,464	0,503	0,515	0,432	0,047
F_{med} , 1/год	0,308	0,320	0,361	0,389	0,412	0,451	0,461	0,387	0,040
B_{loss} , тыс. т	988,7	1058,6	1278,9	1508,1	1731,2	2052,4	2126,2	1512,6	301,7
$SSB(F_{med})$, тыс. т	3757,9	3905,1	4636,8	5210,9	6150,2	7995,4	8766,6	5507,9	1310,5

Из числа указанных ориентиров в качестве целевого ориентира F_{tr} по промысловой смертности выбрали 5%-ый процентиль оценки F_{MSY} (значение промысловой смертности, соответствующее максимуму кривой равновесного улова). Различие в оценках целевого ориентира по промысловой смертности от когортной модели в пространстве состояний и использовавшейся ранее модели «Синтез» не должно вызывать вопросов. Среднее значение коэффициентов промысловой смертности для возрастных групп 7–12 лет при изъятии на уровне целевого ориентира для модели «Синтез» составляло $0,235 \text{ год}^{-1}$, для когортной модели в пространстве состояний — $0,234 \text{ год}^{-1}$.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали F_{MSY} (значение промысловой смертности, соответствующее максимуму кривой равновесного улова). Величину F_0 приняли равной нулю.

В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе приняли значение, соответствующее целевому ориентиру $B_{tr} = SSB(F_{tr}) = 5,330$ млн т на кривой равновесной биомассы на рекрута при средней за последние 5 лет величине пополнения (рис. 119). Граничный ориентир по нерестовой биомассе определили на уровне B_{loss} с учетом неопределенности (97,5%-ый процентиль): $B_{lim} = 2,126$ млн т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП североохотоморского минтая, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности, соответствующей B_{tr} , и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью, равной F_{tr} . Схема ПРП представлена на рисунке 120.

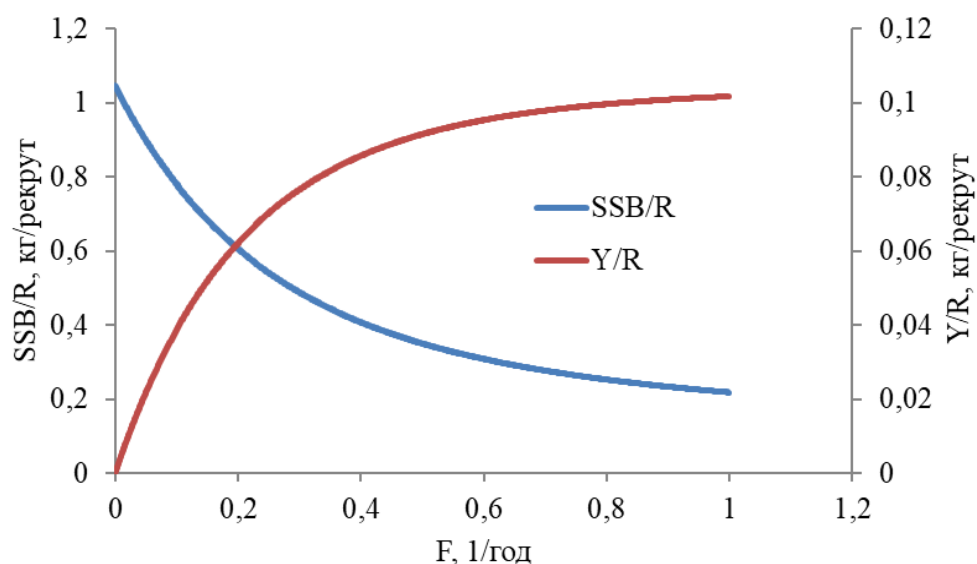


Рис. 119. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

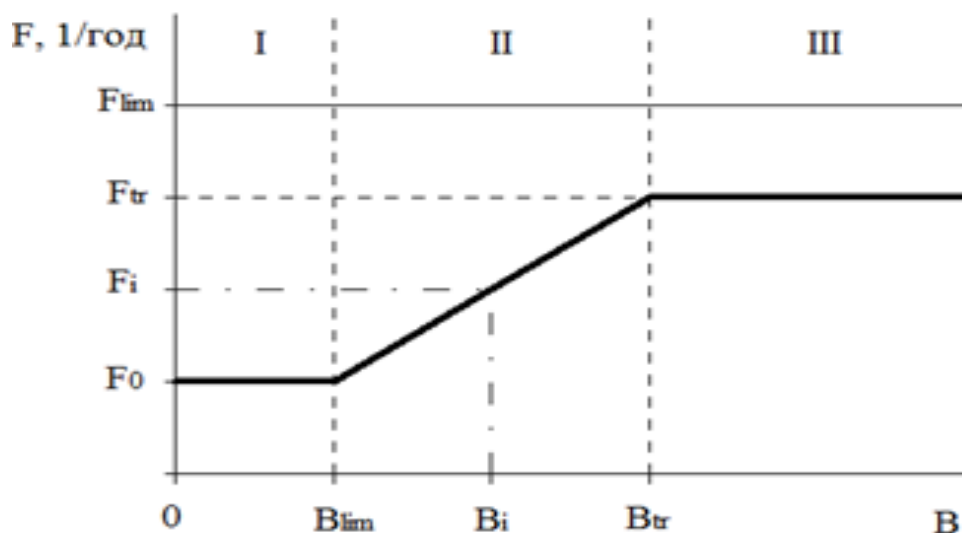


Рис. 120. Схема правила регулирования промысла

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{\text{reci}} = 0, \text{ при } B_i < B_{\text{lim}},$$

$$F_{\text{reci}} = F_{\text{tr}} (B_i - B_{\text{lim}}) / (B_{\text{tr}} - B_{\text{lim}}), \text{ при } B_{\text{lim}} < B_i < B_{\text{tr}},$$

$$F_{\text{reci}} = F_{\text{tr}} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{\text{tr}}.$$

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса и величины ОДУ североохотоморского минтая на 2026 г.

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса

зашумляли с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций ($n=1000$) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. соответствует ОДУ, равному 1005,0 тыс. т. Коэффициенты селективности — средние за последние 5 лет значения (рис. 105). В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 5 лет численность двухгодовиков, равную 11,43 млрд экз.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы, по результатам вероятностного прогноза, представлены в таблице 24, а детерминистские оценки численности и биомассы общего и нерестового запаса — в таблице 25.

Таблица 24

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) североохотоморского минтая в 2025–2026 гг.

Параметр	2.5%	5%	25%	50%	75%	95%	97.5%	Mean	SE
SSB(2025), млн т	4,851	5,011	5,785	6,380	6,936	7,713	7,991	6,383	0,856
SSB(2026), млн т	4,581	4,808	5,575	6,265	7,053	8,053	8,475	6,339	1,047
C(2026), млн т	0,695	0,768	1,012	1,150	1,315	1,502	1,591	1,155	0,228

Согласно вероятностному прогнозу, на начало 2025 г. медианная оценка нерестового запаса составит 6,380 млн т, а на начало 2026 г. — 6,265 млн т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2025–2026 гг. ниже граничного ориентира по биомассе составила 0%. Вероятность снижения нерестовой биомассы в 2026 г. ниже целевого ориентира по биомассе оценивается в 16,8%.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Оценка нерестовой биомассы на начало 2026 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 120). Согласно ПРП, рекомендуемое значение коэффициента промысловой смертности в 2026 г. составит $0,358 \text{ год}^{-1}$.

Таблица 25

Детерминистские оценки численности и биомассы североохотоморского минтая в возрасте 2 года и старше в 2024–2026 гг.

	Возраст рыб, лет												Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Численность на начало года, млрд экз.	10,48	11,42	5,03	4,71	4,27	3,32	1,85	0,96	0,55	0,30	0,19	0,46	43,54
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,774	0,771	0,760	0,721	0,638	0,594	0,618	0,656	0,687	0,711	2,565	2,565	
Средняя масса рыб, кг	0,064	0,119	0,184	0,258	0,34	0,429	0,525	0,627	0,735	0,849	0,969	1,264	
Биомасса на начало года, млн т	0,67	1,36	0,92	1,21	1,45	1,42	0,97	0,60	0,40	0,26	0,18	0,59	10,03
Биомасса нерестового запаса на начало года, млн т	0,00	0,04	0,14	0,61	1,24	1,38	0,97	0,60	0,40	0,26	0,18	0,59	6,41
2025													
Численность на начало года, млрд экз.	11,43	8,11	8,80	3,82	3,39	2,72	1,97	1,15	0,63	0,38	0,22	0,48	43,10
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,001	0,005	0,020	0,078	0,212	0,293	0,255	0,194	0,144	0,107	0,079	0,058	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,774	0,771	0,759	0,716	0,627	0,578	0,601	0,638	0,671	0,696	2,338	2,338	
Средняя масса рыб, кг	0,064	0,119	0,184	0,258	0,34	0,429	0,525	0,627	0,735	0,849	0,969	1,264	
Биомасса на начало года, млн т	0,73	0,96	1,62	0,99	1,15	1,17	1,03	0,72	0,46	0,32	0,21	0,61	9,97
Биомасса нерестового запаса на начало года, млн т	0,00	0,03	0,24	0,49	0,98	1,13	1,03	0,72	0,46	0,32	0,21	0,61	6,22
2026													
Численность на начало года, млрд экз.	11,43	8,85	6,25	6,68	2,74	2,13	1,57	1,18	0,73	0,42	0,26	0,51	42,75
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,001	0,006	0,025	0,095	0,259	0,358	0,311	0,237	0,176	0,130	0,096	0,071	
Средняя масса рыб, кг	0,064	0,119	0,184	0,258	0,34	0,429	0,525	0,627	0,735	0,849	0,969	1,264	
Биомасса на начало года, млн т	0,73	1,05	1,15	1,72	0,93	0,91	0,83	0,74	0,54	0,36	0,25	0,64	9,85
Биомасса нерестового запаса на начало года, млн т	0,00	0,03	0,17	0,86	0,79	0,89	0,82	0,74	0,54	0,36	0,25	0,64	6,09
ОДУ, тыс. т	0,90	5,48	24,88	138,81	188,44	243,89	196,31	138,94	76,90	38,84	20,69	38,85	1112,93

Величину вылова в прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=1}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \quad [\text{Бабаян, 2000}], \text{ где:}$$

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j -ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно статистическим расчетам, медианная оценка вылова в 2026 г. составляет 1150,0 тыс. т, что на 145 тыс. т выше, чем утвержденная величина ОДУ в 2025 г., несмотря на снижение запаса в 2026 г. по сравнению с 2025 г. Связано это с тем, что, во-первых, с учетом новых данных, полученных в 2024 г., оценки запаса в 2024–2025 гг. оказались выше, чем прогнозировалось в 2023 г. Во-вторых, принимая во внимание вероятность снижения нерестового запаса в 2025 г. ниже целевого ориентира (27%), сочли целесообразным в качестве ОДУ на 2026 г. принять не медианную оценку, а нижнюю 25%-ную границу доверительного интервала, т.е. 1012,2 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 121). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1–0,2$ [Бабаян, 2000]. Следовательно, стратегия управления приемлема.

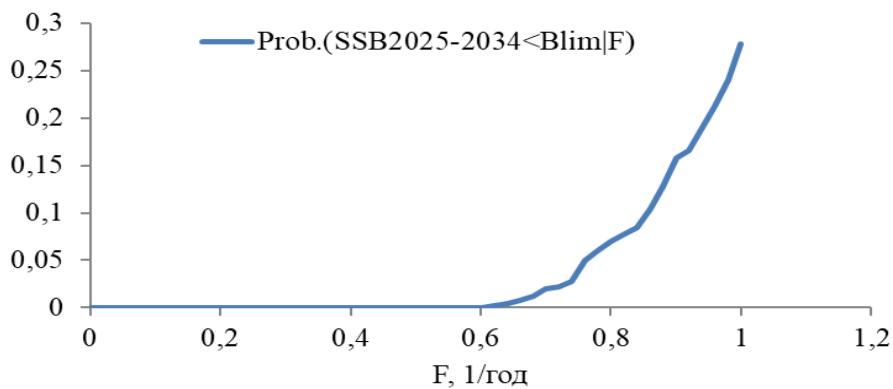


Рис. 121. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира в зависимости от уровня промысловой смертности

В рамках анализа рисков нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперед методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению и перелова по росту при величине возможного вылова минтая в северной части Охотского моря, равной 1150,0 тыс. т, не превышают рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000] (рис. 122).

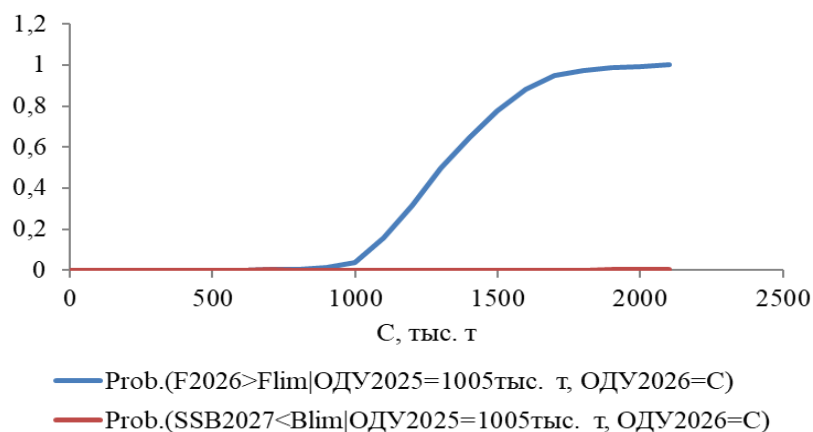


Рис. 122. Риски наступления неблагоприятных последствий для североохотоморского минтая в зависимости от величины вылова в 2026 г.

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 123, при сделанных предположениях относительно пополнения, соблюдении ПРП и в отсутствие выбросов запас минтая в северо-восточной части Охотского моря с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований для отказа от предлагаемой стратегии управления.

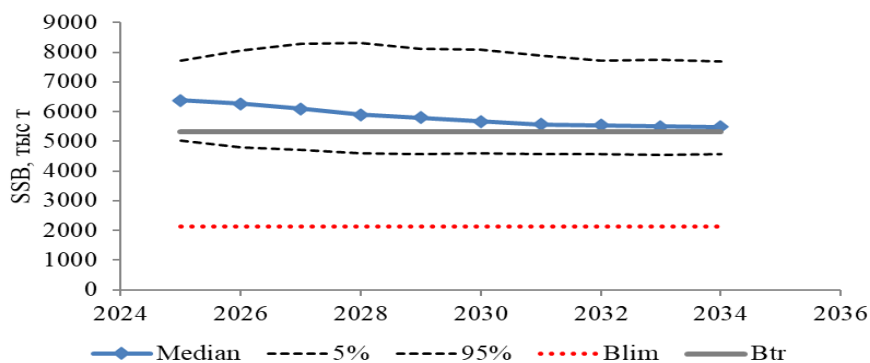


Рис. 123. Динамика биомассы нерестового запаса североохотоморского минтая при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2011 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 124.

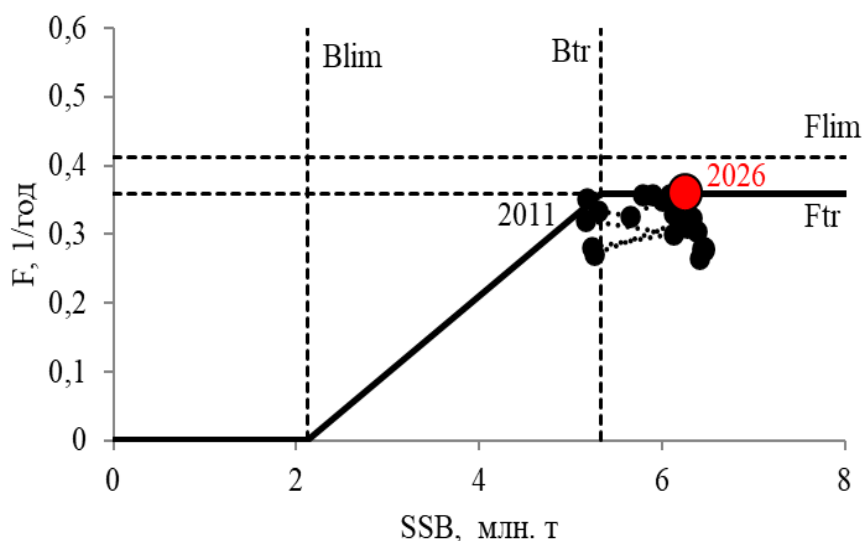


Рис. 124. Реализация правила регулирования промысла североохотоморского минтая в 2010–2028 гг.

Таким образом, анализ и диагностика полученной оценки возможного вылова показал, что она приемлема.

Принимая во внимание вероятность снижения нерестового запаса в 2026 г. ниже целевого ориентира (16,8%), полагаем целесообразным в качестве ОДУ на 2026 г. принять нижнюю 25%-ную границу доверительного интервала, т.е. 1012,2 тыс. т, что на 7,2 тыс. т выше, чем в 2025 г.

С 2011 г. соотношение ОДУ по подзонам остается неизменным и составляет 36:36:28%, соответственно, в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах. Предлагается установить такое же соотношение ОДУ по подзонам и в 2026 г.

В этом случае, **ОДУ минтая в 2026 г. составит: в Северо-Охотоморской подзоне 364,400 тыс. т, в Западно-Камчатской — 364,400 тыс. т, в Камчатско-Курильской — 283,400 тыс. т.**

Учитывая положительный опыт объединения Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзон в 2010–2024 гг., предлагаем распространить эту практику и на сезон 2026 г. Таким образом, **допустимо перераспределение объёмов общих допустимых уловов минтая между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами без превышения суммарного объёма общего допустимого улова минтая.**

61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона

Исполнители: Летунова Е.А., Ким Сен Ток («СахНИРО»), Кулик В.В. («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки состояния запасов и величины допустимого вылова минтая были использованы данные годового вылова и уловов на усилие для судов крупнотоннажного флота, информация учетных съемок – траловых и ихтиопланктонных, многолетние данные по размерно-возрастному составу промысловых и научно-исследовательских уловов.

Статистика промысла 2003–2024 гг. заимствована из базы ОSM Росрыболовства, за предыдущий период – из архивных источников «СахНИРО».

Структуру скоплений рыб проанализировали, используя результаты их массовых промеров и биологических анализов. Всего в период наблюдений 1976–2024 гг. количество промеров рыб превысило 460 тыс. экз.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Оценка величины нерестового запаса в 2007–2012, 2014–2015, 2017–2023 гг. выполнена методом прямого учета по результатам ихтиопланктонных съемок и контрольных тралений на НИС «Дмитрий Песков» и НИС «Владимир Сафонов». Для расчетов использовали методику по оценке интенсивности нереста и численности производителей минтая в Охотском море, разработанную в «ТИНРО». В сравнительном плане использованы данные запаса в 2000–2021 гг., полученные методом прямого учета на основе информации траловых съемок НИС «Профессор Кагановский» и «Дм. Песков».

Выбор прямых учетных методов оценки запасов обусловлен особенностями биологии размножения минтая, имеющего пелагическую икру. Методы хорошо разработаны, а учетные ихтиопланктонные и траловые съемки широко применяются при исследованиях по всему дальневосточному региону [Шунтов и др., 1993].

Для оценки численности выметанной икры использовали программу «Surfer», метод «Kriging». При этом применяли следующие параметры: сеточный файл с шагом 0,02 широтного градуса; максимальное количество соседних точек для интерполяции – 10, минимальное – 3; максимальный и минимальный радиусы поиска (R_2 и R_1) – 3,44. Рассчитывали положительный объем, равный разности между поверхностью, построенной пакетом, и нулевым значением плотности. Численность оценивали, как произведение полученного положительного объема на масштабный коэффициент, равный $60 \cdot 60 \cdot \cos \alpha$, где: 60 – количество миль в одном градусе широты, $\cos \alpha$ –

косинус географической широты района исследований (среднее значение), составлявший в нашем случае 2244,25.

Базовые расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запасов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне выполнены по данным промысловой статистики и размерно-возрастного состава траловых уловов с применением статистической когортной модели в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother – UKS) [Ильин, 2022].

Это новый подход оценки запасов минтая в дальневосточном регионе, применяющийся с 2022 г. В 2023 г. модель UKS прошла общественные обсуждения и государственную экологическую экспертизу в материале ОДУ на 2025 г. для Восточно-Сахалинской подзоны. Результаты применения UKS прошли аудит сертификации промысла минтая по стандартам морского попечительского совета (MSC) практически во всех районах обитания вида, включая Восточно-Сахалинскую подзону. Модель UKS учитывает ошибку процесса (модели) и оценивает состояние запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки [Ильин, 2022]. Её настройка выполняется в открытом и свободно распространяемом языке программирования высокого уровня – R [R Core Team, 2024]. В модели UKS не требуется указывать диапазоны лет с различной селективностью, т.к. она варьирует по годам. Дополнительно в UKS оценивается мгновенный коэффициент естественной смертности – МКЕС или М.

Таким образом, на 2026 г. предлагается продолжить использование модели UKS, вместо более сложной (по числу параметров) модели «Синтез», в связи с меньшим числом требуемых допущений об М и селективности при доказанной более высокой точности оценивания состояния запаса минтая в UKS в синтетических испытаниях [Ильин, 2022].

Исходя из требований приказа Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, информационная обеспеченность обоснования прогноза ОДУ по минтаю Восточно-Сахалинской подзоны соответствует I уровню.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние промысла. Промышленный лов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне был впервые организован в 1976 г., когда в результате масштабного промысла с участием большого количества плавбаз и добывающих судов СССР и Японии, годовой вылов сразу достиг рекордной величины – более 200 тыс. т (рис. 125).

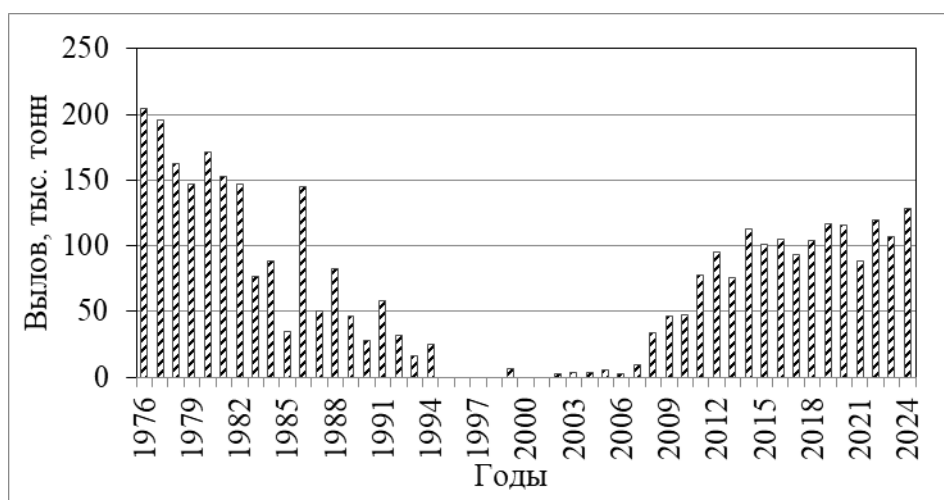


Рис. 125. Многолетняя динамика вылова минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 1976–2024 гг.

В дальнейшем годовые уловы стали неуклонно снижаться. В середине 1990-х гг. промысел фактически прекратился, и в небольших объемах осуществлялся лишь контрольный лов по научным квотам. С 1999 г. промышленный лов вновь возобновился, но только в 2007 г. вылов достиг примерно 10 тыс. т. С 2007 по 2024 гг. наблюдался значительный рост объема вылова минтая в Восточно-Сахалинской подзоне (табл. 26). В 2021–2024 гг. годовой вылов изменялся в пределах 88,4–128,3 тыс. т. В 2024 г. была получена максимальная величина вылова – 128,3 тыс. т, что составляет 98,4% от ОДУ. Сроки добычи минтая в рассматриваемом районе не оставались неизменными в разные периоды лет. В 1970–1980-е гг. промысел у северо-восточного Сахалина производился с июня по декабрь, т.е. в нагульный период для рыб. До 1989 г. промысел в этом районе осуществляли как российские (преимущественно), так и иностранные суда. Российский рыбодобывающий флот был представлен среднетоннажными (типа СРТМ, СРТР), и крупнотоннажными (типа БМРТ) судами. Среднетоннажный флот использовал донные тралы, крупнотоннажный – разноглубинные тралы. С октября по декабрь, т.е. в период частых штормов, лов в районе проводили лов только крупнотоннажные суда.

В настоящее время промысел минтая в Восточно-Сахалинской подзоне выполняют только российские рыбодобывающие компании. В промысле участвуют, в основном, суда двух категорий: крупнотоннажные – типа БМРТ, РТМКС и БАТМ (КТФ) и среднетоннажные – типа СРТМ и СТР (СТФ) (табл. 27). Лов минтая проводится почти круглый год, прерываясь на период устойчивого формирования ледового покрова (февраль-март) и период интенсивного размножения рыб (июнь-июль). В 2024 г. основное изъятие минтая было осуществлено в апреле-мае, в августе-октябре и, в декабре-январе (рис. 126).

Таблица 26

**Показатели промыслового освоения запасов минтая в Восточно-Сахалинской
подзоне в 2003–2024 гг.**

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	ОДУ, %
2003	5,0	4,2	84,0
2004	5,0	4,2	84,0
2005	8,0	5,3	66,3
2006	5,0	4,9	98,0
2007	15,0	9,8	65,3
2008	39,0	34,2	87,7
2009	48,4	47,1	97,3
2010	48,4	47,3	97,7
2011	82,0	78,3	95,5
2012	97,0	95,5	98,5
2013	80,0	79,7	99,6
2014	115,0	112,8	98,1
2015	103,0	101,4	98,4
2016	107,0	105,1	98,2
2017	104,0	93,7	90,1
2018	107,2	104,7	97,7
2019	126,0	117,2	93,0
2020	125,0	115,7	92,6
2021	126,1	88,4	70,1
2022	122,7	120,0	97,8
2023	109,6	106,8	97,4
2024	130,3	128,3	98,4

Таблица 27

**Количество рыбодобывающих судов на промысле минтая в Восточно-Сахалинской
подзоне в марте–мае 2015–2024 гг.**

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
КТФ	35	32	30	29	43	38	36	44	29	22
СТФ	16	15	12	10	15	7	10	13	19	5
Всего	51	47	42	39	58	45	46	57	48	27

В последнее десятилетие, наряду с увеличением общего вылова, улучшились и промысловые показатели. В 2007 г. наибольшие суточные уловы достигали 600 т, в 2009 г. значения выросли до 800 т, в 2012–2019 гг. – до 1160–2600 т. В 2021–2023 гг. наибольший суточный улов находился в пределах 2500–3536 т (рис. 126).

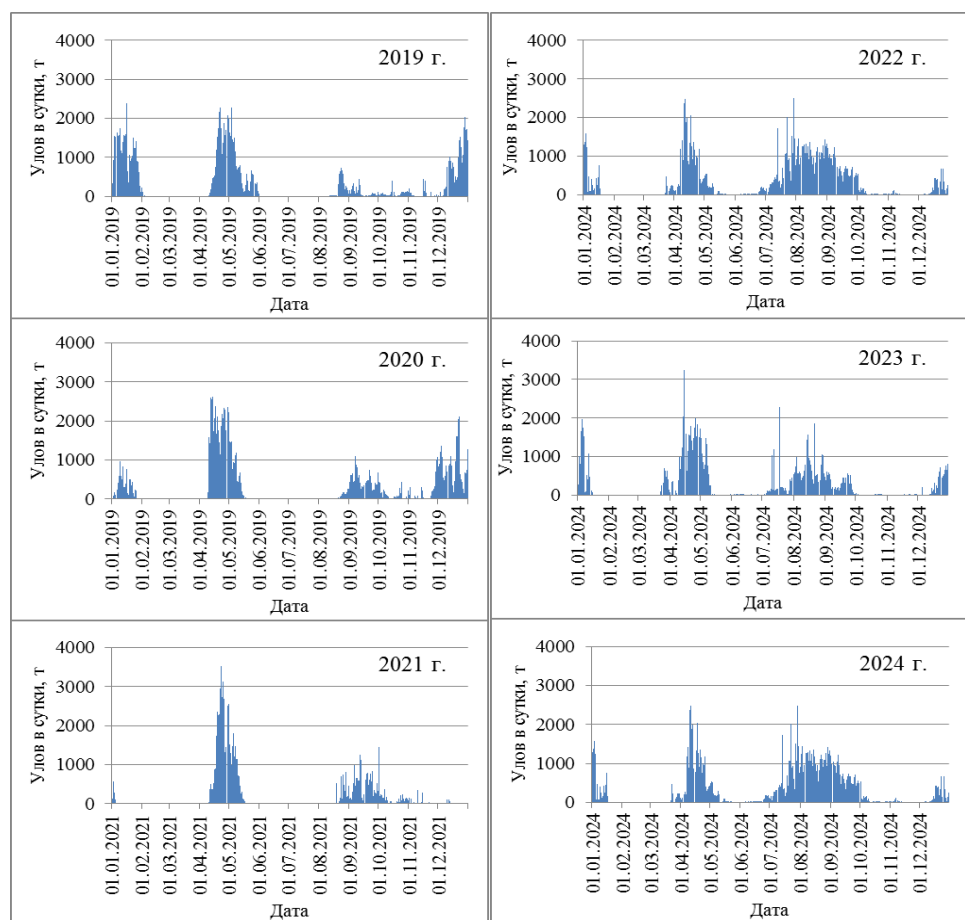


Рис. 126. Внутригодовая суточная динамика уловов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 2019–2024 гг.

В 2006–2015 гг. наблюдался рост уловов на усилие (судосутки) для среднетоннажных судов типа СРТМ, вооруженных разноглубинными травами, затем началось его снижение, продолжавшееся до 2020 г. (рис. 127). В 2021–2022 гг. средний улов вновь увеличился, достигнув максимального значения - 77,1 т. В 2023-2024 гг. этот показатель стал уменьшаться, достигнув 62,4 т. Средний улов на усилие для крупнотоннажных судов типа БМРТ, вооруженных разноглубинными травами, в период с 2004 по 2007 гг. увеличивался с 54 до 102 т, а в 2008–2013 гг. снизился до 77 т. После скачка в 2014 г. и последующего 3-летнего снижения, в 2018–2024 гг. данный показатель вновь вырос до 108,7 т.

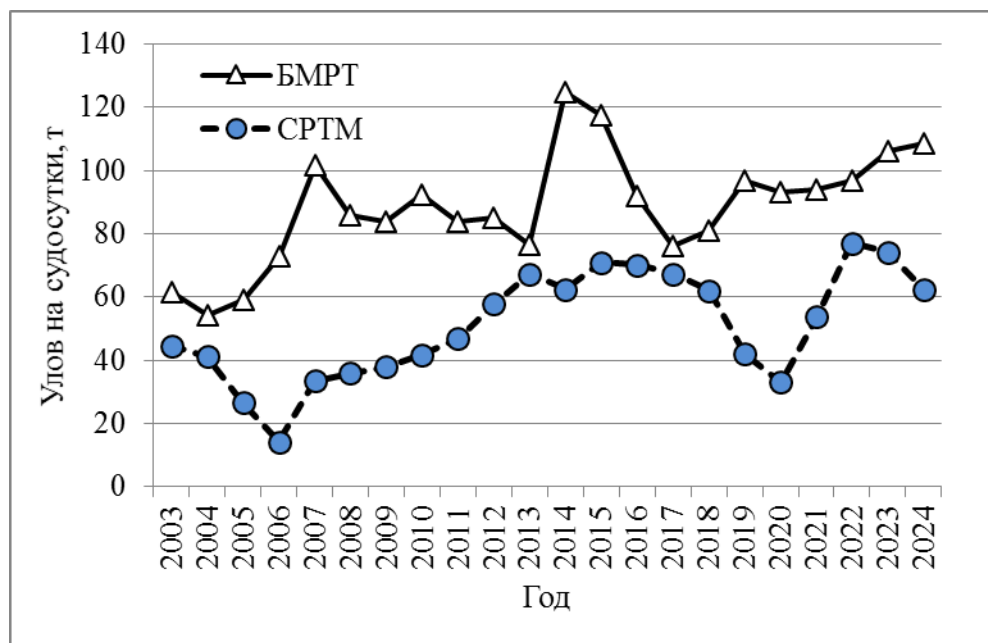


Рис. 127. Динамика вылова минтая одним судном за судосутки лова в Восточно-Сахалинской подзоне в 2003–2024 гг., для судов типа БМРТ (КТФ) и СРТМ (СТФ), вооруженных разноглубинными тралами

Состояние запаса. Многолетние наблюдения показали, что в нерестовый и нагульный периоды соотношение основных размерных групп минтая в уловах может значительно меняться. В 2014–2019 гг. основу уловов, преимущественно, составляли рыбы длиной 37–55 см, которые доминировали в половозрелой части стада. Постоянно в оба сезона года отмечалась относительно высокая доля молоди.

В нерестовый период 2020 г. в размерном составе рыб в траловых уловах НИС доминировали особи длиной 40–54 см, а на долю рыб промыслового размера (10–37 см по АС) приходилось 8,6% численности (рис. 128). В уловах минтай был представлен особями в возрасте 1–18 лет. Доминировали рыбы 2–7 лет (85%) (рис. 129). В промысловых уловах преобладали 5–7-летки (74% от общей численности) Средний возраст рыб соответствовал 4,6–6,0 годам, молодь, практически, отсутствовала.

В октябре–ноябре 2021 г. в уловах НИС доминировали рыбы в возрасте 2–5 лет (94,2%). В промысловых уловах преобладали 5–8-летки (83,9%). Средний возраст рыб составил 3,4 и 6,5 лет соответственно. В 2023 г. в ходе учетной съемки НИС в зал. Анива в уловах были отмечены в повышенных концентрациях сеголетки, но доминировали, в основном, рыбы 7–11-летнего возраста. В промысловых уловах в Восточно-Сахалинской подзоне оказались многочисленными рыбы 2–5 летнего возраста, которые отсутствовали на юге исследований. В 2019–2024 гг. высокочисленного пополнения в научно-исследовательских уловах не отмечено, хотя значимая доля сеголеток по численности наблюдалась в уловах 2023 и 2024 гг., что может быть связано с повышенной урожайностью поколений 2022–2023 гг. рождения.

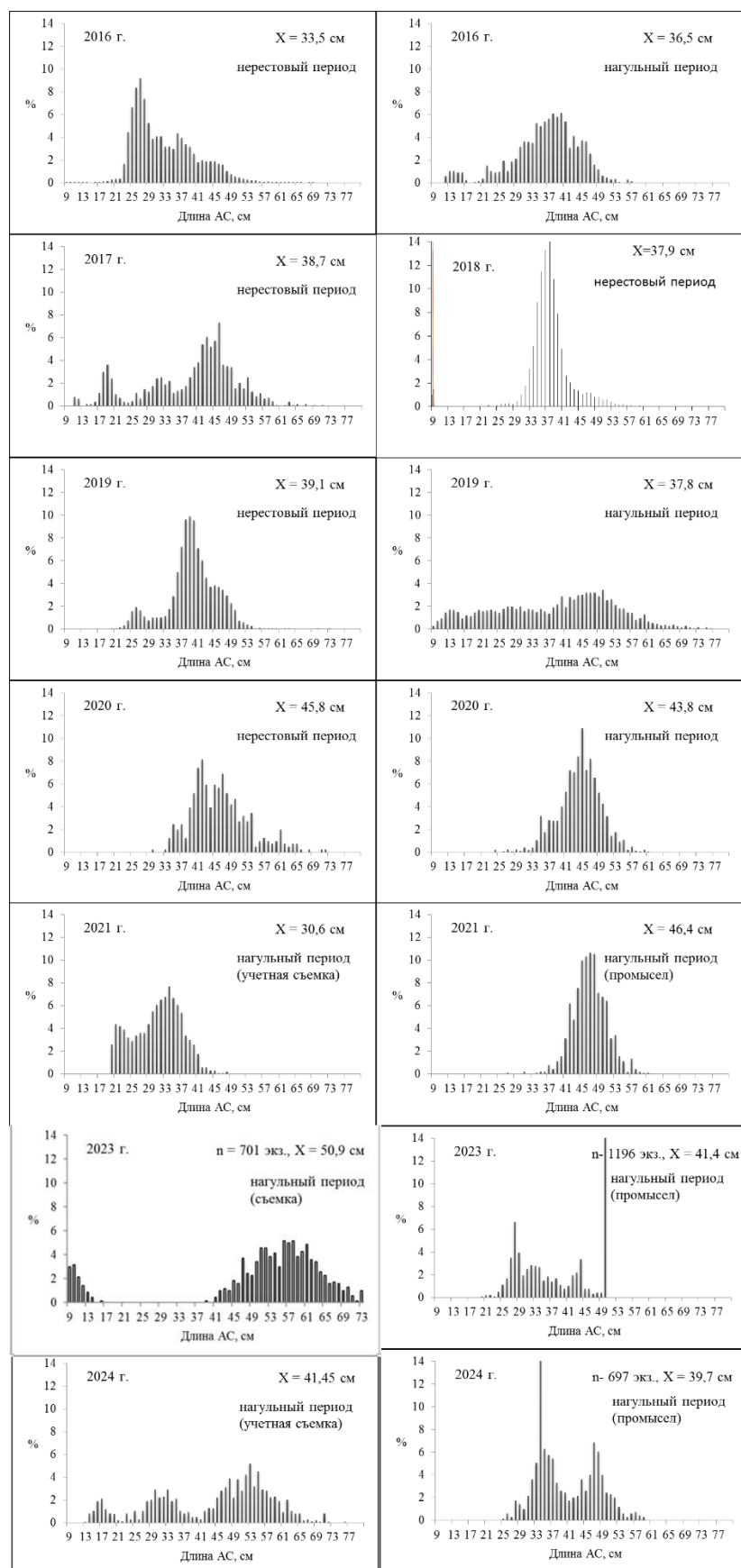


Рис. 128. Размерный состав минтая в траловых уловах в Восточно-Сахалинской подзоне в нерестовый и в нагульный периоды 2016–2024 гг.

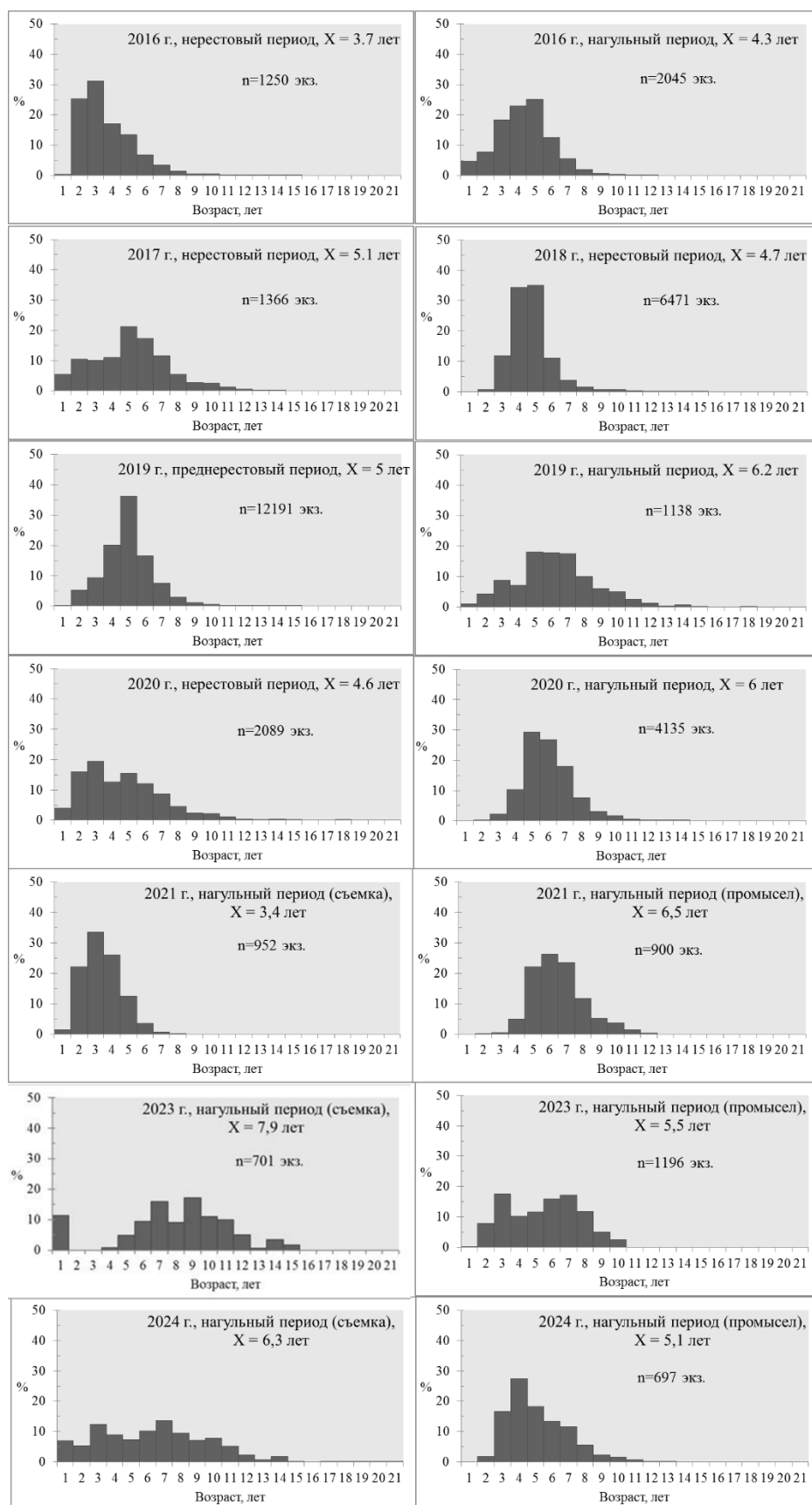


Рис. 129. Распределение минтая по возрастным группам в Восточно-Сахалинской подзоне в нерестовый и в нагульный периоды 2016–2024 гг.

С конца 2000-х до 2010-х гг., в период высокой численности минтая в районе, основу промыслового запаса составляли половозрелые особи. Вместе с тем, в запасе наблюдалась тенденция омоложения, средние размерно-возрастные показатели снижались. Полагаем, что в 2014–2024 гг. структура запаса в Восточно-Сахалинской подзоне в нерестовый и нагульный периоды находится в относительно стабильном состоянии.

Результаты ихтиопланктонных съемок у северо-восточных берегов Сахалина, выполненных на НИС «Дмитрий Песков», свидетельствуют о том, что нерестовый запас минтая в последние десятилетия (2011–2024 гг.), превышает среднемноголетний уровень. Учетная численность икры в пелагиали была выше, чем в 2000-х гг. (рис. 130). Высокая интенсивность нереста была выявлена в 2014, 2018 и 2020 гг., когда было отмечено наибольшее количество учтенной икры с начала нынешнего века. В 2020 г. численность икры составила $1,5 \cdot 10^{13}$ шт., что превышает все наблюдаемые показатели в 2000–2010-е гг.

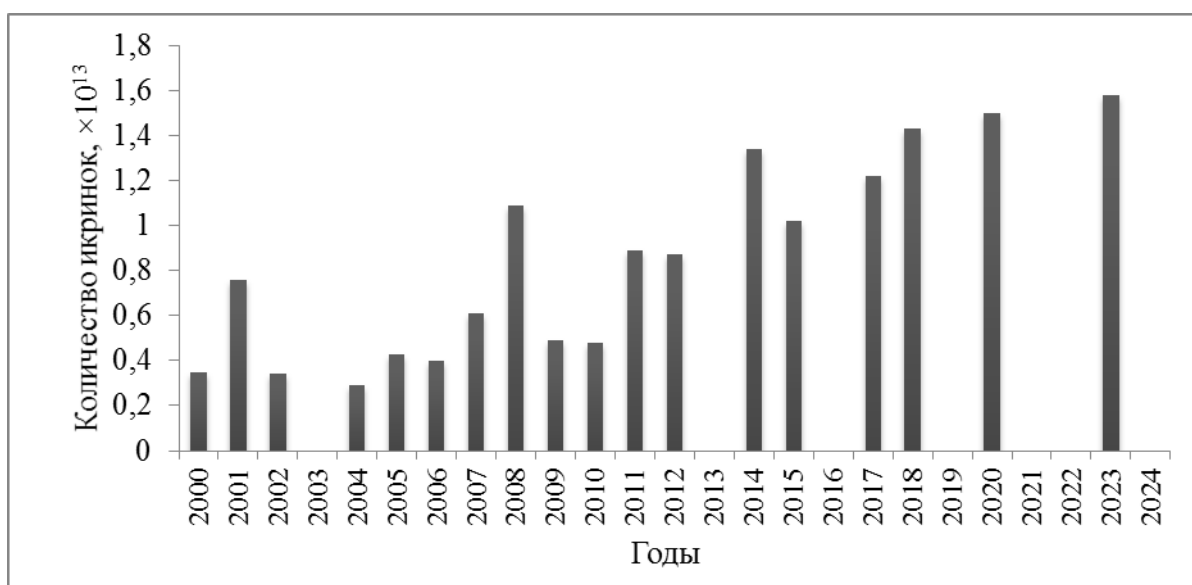


Рис. 130. Численность икры минтая по данным ихтиопланктонных съемок у северо-восточного Сахалина в 2000–2024 гг. (съемки не выполнялись в 2003, 2013, 2016, 2019, 2021, 2022, 2024 гг.)

Оценка количества запаса. Методы прямого учета (траловые и ихтиопланктонные съемки). В конце 1970-х – начале 1980-х гг. биомасса нерестового минтая на северо-восточном шельфе оценивалась на уровне 130 тыс. т, а у юго-восточного Сахалина – 120 тыс. т. В летний период сезонный запас у восточного побережья острова значительно возрастал за счет миграции рыбы из северной и южной частей моря, достигая на северо-востоке 500 тыс. т, а у юго-восточного Сахалина – до 300 тыс. т. В конце 1980-х–середине 1990-х гг. численность минтая у восточного Сахалина упала. Согласно результатам донных траловых съемок, выполненных в 2001–2002 гг., общая биомасса вида у северо-восточного побережья острова не превышала 30 тыс. т.

В последующие несколько лет численность минтая в этом районе увеличилась, причем, как в нагульный, так и в нерестовый сезоны. Так, по данным траловой учетной съемки в августе 2003 г. на НИС «Дмитрий Песков», биомасса нагуливающих рыб у северо-восточного Сахалина, составила 290 тыс. т. По результатам контрольного лова на промысловых судах (СРТМ «Мыс Меньшикова» и БМРТ «Мыс Крылова»), в сентябре-ноябре того же года биомасса только оконтуренных скоплений составляла в среднем 120 тыс. т. Траловая съемка, проведенная в сентябре-октябре 2004 г., позволила оценить биомассу минтая на уровне 150,7 тыс. т. Близкую оценку биомассы дали результаты работ, проведенных в октябре 2004 г. на БМРТ «Лангуста» – 147,0 тыс. т. По данным донной траловой съемки на НИС «Профессор Пробатов», в октябре 2005 г. биомасса составила 306,0 тыс. т, в сентябре-октябре 2006 г. (НИС «Дмитрий Песков») – 355,0 тыс. т, в октябре 2007 г. – 190,8 тыс. т, в августе 2010 и 2012 гг. – 680,7 и 418,8 тыс. т, соответственно.

По данным ихтиопланктонных съемок 2005–2010 гг. общая биомасса минтая в Восточно-Сахалинской подзоне, с учетом неполовозрелых рыб, изменялась в пределах 276–511 тыс. т, а биомасса нерестовой части стада – от 224 до 463 тыс. т. Высокий уровень запасов сохранялся и в 2012 г. По результатам расчетов биомасса половозрелых рыб составила в этом году 606,6 тыс. т, численность – 946,3 млн экз. Общая величина биомассы вида в районе, полученная ихтиопланктонным способом, равнялась 641,4 тыс. т.

Высокая нерестовая биомасса минтая в Восточно-Сахалинской подзоне была выявлена весной 2014–2015 гг., когда по данным прямого учета ихтиопланктона она составила в 2014 г. 461,6 тыс. т, в 2015 г. – 397,3 тыс. т. По данным траловой съемки общая и нерестовая биомасса в мае 2015 г. составила 738 и 632,0 тыс. т, соответственно.

В 2017 г. запасы вида, рассчитанные разными методами, продемонстрировали некоторое снижение. Общая биомасса в мае, по данным траловой съемки, составила 417 тыс. т, по результатам акустической съемки – 699 тыс. т, при использовании ихтиопланктонного метода – 373 тыс. т. По результатам учетной ихтиопланктонной съемки, нерестовая биомасса в июне составила 136 тыс. т, общая биомасса – 153 тыс. т.

По результатам учетной ихтиопланктонной съемки, выполненной в июне 2018 г. на НИС «Дмитрий Песков», нерестовая биомасса составила 556 тыс. т, промысловая биомасса – около 570 тыс. т. В мае-июне 2020 г. биомасса половозрелых особей не превысила величины 216,4 тыс. т, при общей биомассе равной 332,0 тыс. т. В октябре-ноябре 2021 г. общая биомасса составила 148,7 тыс. т, при промысловой биомассе равной 121,5 тыс. т. В ходе учетной съемки в зал. Анива в ноябре 2023 г. на НИС «В. Сафонов» промысловая биомасса минтая не превысила 30,9 тыс. т. По результатам учетной ихтиопланктонной съемки НИС «Дмитрий Песков», нерестовая биомасса минтая в районе северо-восточного Сахалина в июне 2023 г. составила 856 тыс. т, а общая биомасса – 953 тыс. т. Эти крайне

высокие оценки представляют собой максимальные значения ресурсов вида в 2010-2020-х гг.

Метод когортного анализа. Структура и качество доступного информационного обеспечения соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104), т.е. обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ минтая в Восточно-Сахалинской подзоне с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

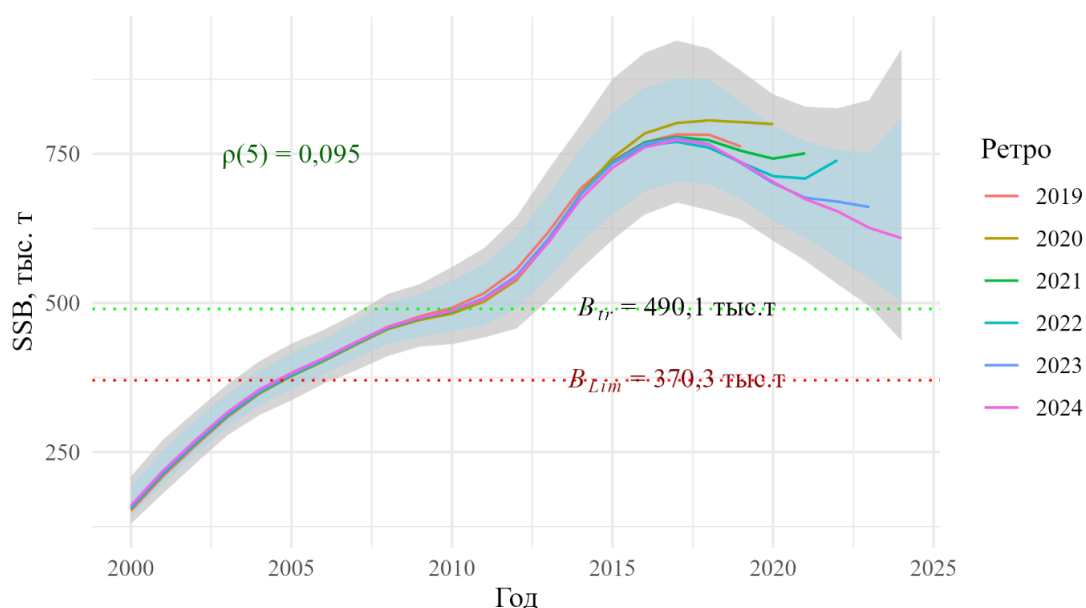
Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 требует проводить ретроспективный анализ – это применение модели с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, как доказательство устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности. Цитируя «Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов» [Методические рекомендации..., 2018]: «Ретроспективный анализ – это серия расчетов с последовательным исключением последнего года из исходных данных».

При последовательном укорачивании рядов наблюдений до 5 лет в прошлое и оценивании показателя Боба Мона (ρ) [Mohn, 1999], значимых отклонений в динамике биомассы и её эксплуатации, требующих упреждающей коррекции, обнаружено не было (табл. 28, рис. 131).

Таблица 28

Показатели Мона в ретроспективном анализе UKS

Модель	ρ SSB	ρ F	Терминальный год
UKS	0,095	0,016	2024
UKS	0,070	0,030	2023



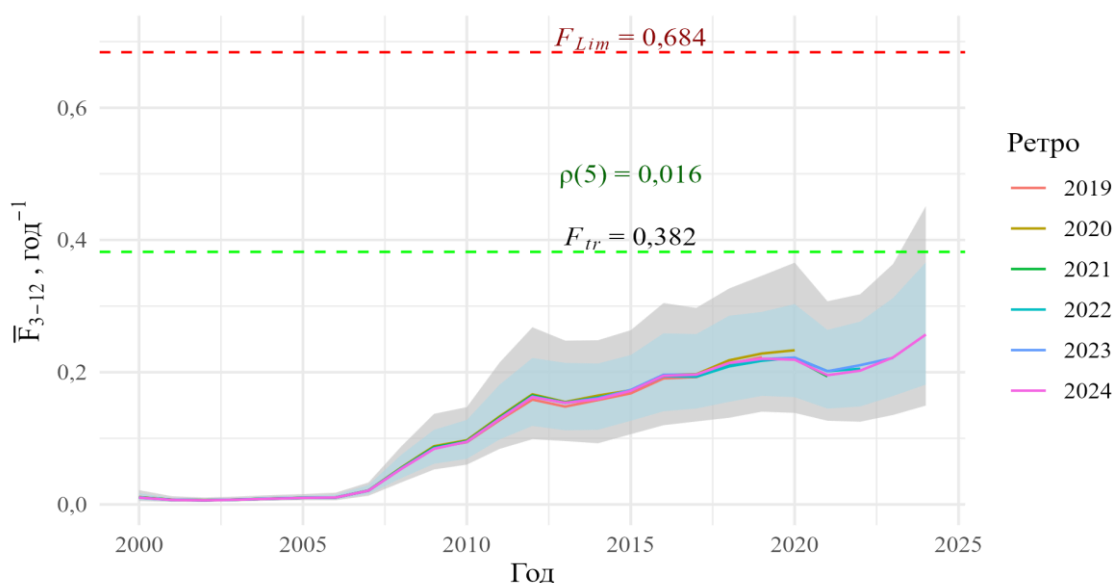


Рис. 131. Ретроспективный анализ SSB (вверху) и F (внизу) в модели UKS

Ввиду того, что промысел минтая в этой подзоне осуществляется преимущественно разноглубинными тралами, при подготовке обобщенной матрицы уловов по возрастам учитывался размерно-возрастной состав и годовой вылов по этому орудию лова.

В качестве входной информации для когортной модели использованы:

- матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 2 до 10 полных лет) и годам промысла (от 1990 до 2024 г.);
- среднегодовые значения массы (рис. 132), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);
- мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам определений возраста по отолидам.

В качестве настроечных индексов для модели использовали стандартизированные по методу GLM (обобщенные линейные модели) уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судами типа БМРТ, РТМ, РТМС, РКТС и РТМКС, СРТМ, СТР, СРТР, ТСМ, МмРС, МмРСТ, МРКТ, в 2003–2024 гг., вооруженных снюрреводами, донными, пелагическими, разноглубинными тралами (рис. 133), а также данные учетных ихтиопланктонных съемок о биомассе нерестового запаса (1990–2023 гг.).

Расчет и обоснование ОДУ на базе этих величин представляются ниже в следующих разделах.

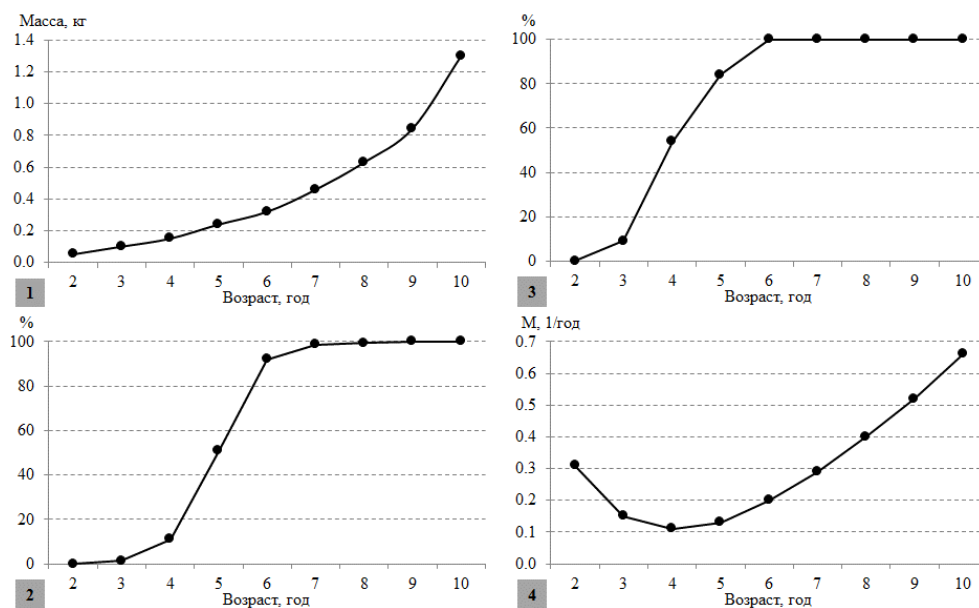


Рис. 132. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы минтая в Восточно-Сахалинской подзоне по модели. 1 – масса рыб по возрастным группам, 2 – доля половозрелых рыб, 3 – доля рыб, достигших промыслового размера (более 35 см по АС), 4 – мгновенные коэффициенты естественной смертности

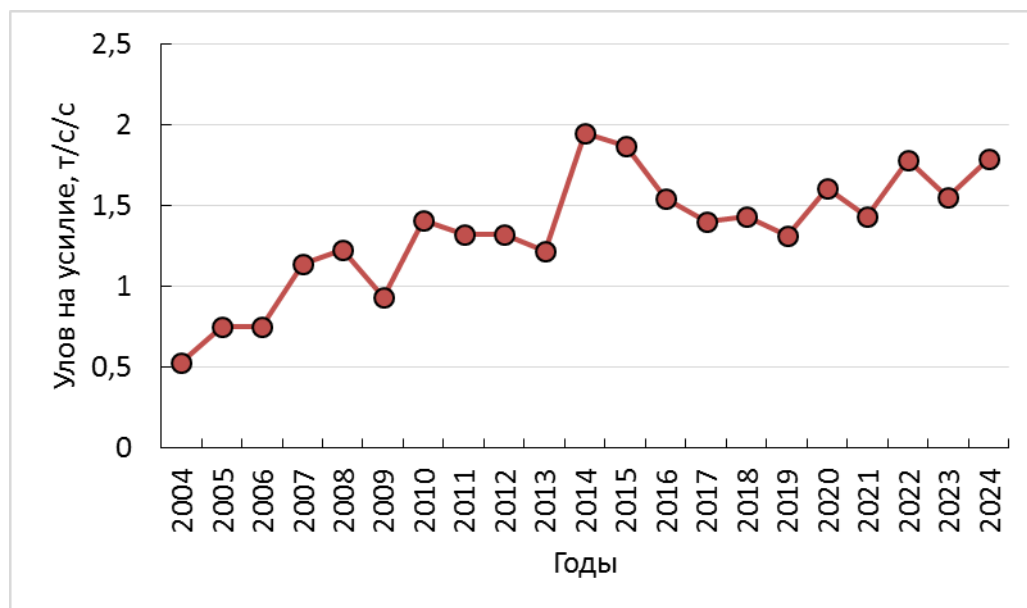


Рис. 133. Кривая стандартизированного улова на усилие (судосутки) минтая восточного Сахалина, полученная методом обобщенных линейных функций (GLM)

Определение биологических ориентиров

Несмотря на хорошую ретроспективную устойчивость текущей настройки целевые ориентиры всё же требуется обновить, т.к. сильно изменился масштаб биомассы. Таким образом, целевые ориентиры были выбраны заново и без допущения наличия связи численности потомков от численности родителей, как это было прежде. Ориентиры выбраны из статистики многомерных нормальных вероятных распределений в 1000 испытаниях Монте-Карло (табл. 29).

Статистические характеристики биологических ориентиров

Ориентир	Мин.	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Макс.	Среднее	SE
FlimCaddy	0,346	0,375	0,383	0,419	0,449	0,483	0,535	0,561	0,673	0,453	0,048
Fmsy.R	0,131	0,159	0,168	0,202	0,229	0,258	0,313	0,327	2,000	0,249	0,181
Fmsy.BH	0,115	0,148	0,155	0,196	0,241	0,307	0,609	2,000	2,000	0,321	0,320
F45.	0,209	0,232	0,238	0,266	0,290	0,320	0,371	0,398	0,525	0,296	0,044
F40.	0,247	0,279	0,286	0,320	0,353	0,392	0,458	0,492	0,660	0,360	0,056
F35.	0,294	0,336	0,345	0,389	0,432	0,483	0,572	0,616	0,841	0,443	0,074
F0.1	0,282	0,320	0,329	0,358	0,382	0,412	0,458	0,482	0,578	0,387	0,042
Fmed	0,183	0,207	0,216	0,252	0,275	0,299	0,341	0,358	0,498	0,277	0,038
Fmax	0,802	1,122	1,275	1,778	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	1,852	0,255
Flim.Bloss	0,740	0,960	1,032	1,301	1,529	1,869	2,000	2,000	2,000	1,553	0,328
Flim.B20bvir	0,533	0,657	0,684	0,794	0,906	1,045	1,288	1,403	2,000	0,939	0,199
Flim.B25bvir	0,429	0,512	0,530	0,606	0,684	0,780	0,948	1,034	1,454	0,707	0,138
Bloss	105,2	130,0	135,2	153,3	166,4	179,6	201,5	208,5	254,8	167,0	20,3
B20.Bvir	183,0	202,9	210,5	234,8	260,8	293,1	370,3	399,9	619,5	270,6	53,2
B25.Bvir	228,8	253,6	263,1	293,5	326,2	366,3	462,9	499,3	774,8	338,3	66,5
Bmsy.Ricker	357,6	412,4	430,0	511,7	605,4	767,3	1473,8	2138,1	113290,4	1036,7	4359,5
Bmsy.BivHolt	82,8	149,3	223,7	381,2	498,5	669,6	1121,4	1297,9	7661,6	580,5	443,6
Bmed	431,5	481,8	501,6	555,0	602,7	672,2	823,6	944,4	1354,0	627,3	111,9

Используя предосторожный подход, определены граничные ориентиры:

— для F по нижней границе доверительного интервала (перцентиль С.І. 2,5 %) $F_{lim}(B_{20,bvir}) = F_{Lim} \approx 0,657 \text{ год}^{-1}$;

— для SSB по верхней границе доверительного интервала (перцентиль С.І. 95 %) $B_{20,Bvir} = B_{Lim} \approx 370,3 \text{ тыс. т.}$

Целевые ориентиры установлены по медианам (перцентиль 50%):

— для F выбрали $F_{0.1}$, который рекомендуется в ситуациях с плоской вершиной кривой устойчивого улова [Бабаян, 2000], как у нас (рис. 134). Этот ориентир, аналогично F_{MSY} , определяет перелов по росту, поэтому $F_{tr} \approx 0,382 \text{ год}^{-1}$;

— для SSB , соответствующий $F_{0.1}$ по кривым равновесных уловов (рис. 134) при среднем за последние 10 лет пополнении (1198,4 млн рыб) $B_{tr} \approx 490,1 \text{ тыс. т.}$

Стоит отметить, что ранее прогноз был более оптимистичным, исходя из среднего за последние 5 лет пополнения (3537,249 млн рыб), куда попало экстремальное пополнение 2023 г. В настоящем прогнозе среднее пополнение за 10 лет в разы ниже и близко к среднему за все годы (1184,1 млн рыб). Более того, экстремальное пополнение 2023 г. по медиане скорректировано вниз с учётом свежих данных 2024 г., а пополнение в 2024 г. оказалось даже меньше уровня 2023 г., хотя оба поколения всё ещё содержат огромнейшую неопределённость (рис. 135).

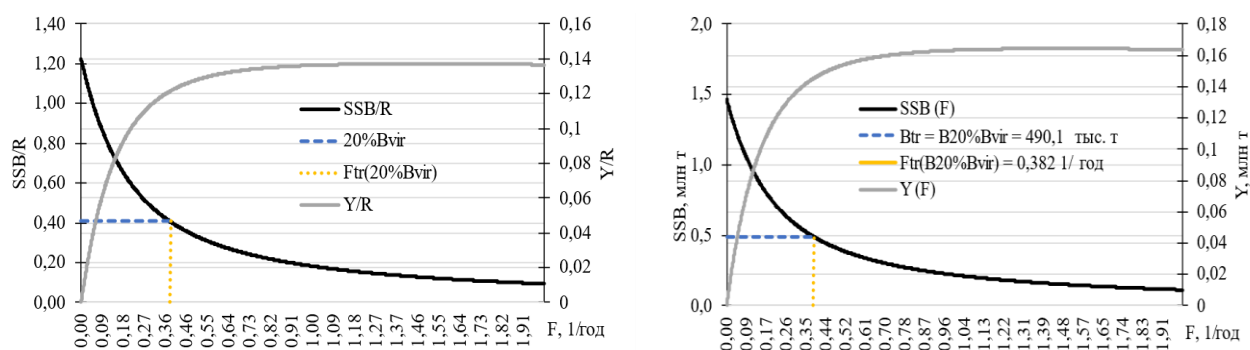


Рис. 134. Кривые равновесной SSB и равновесного улова Y , в т.ч. на рекрута R при среднем за последние 10 лет пополнении (1198,4 млн рыб)

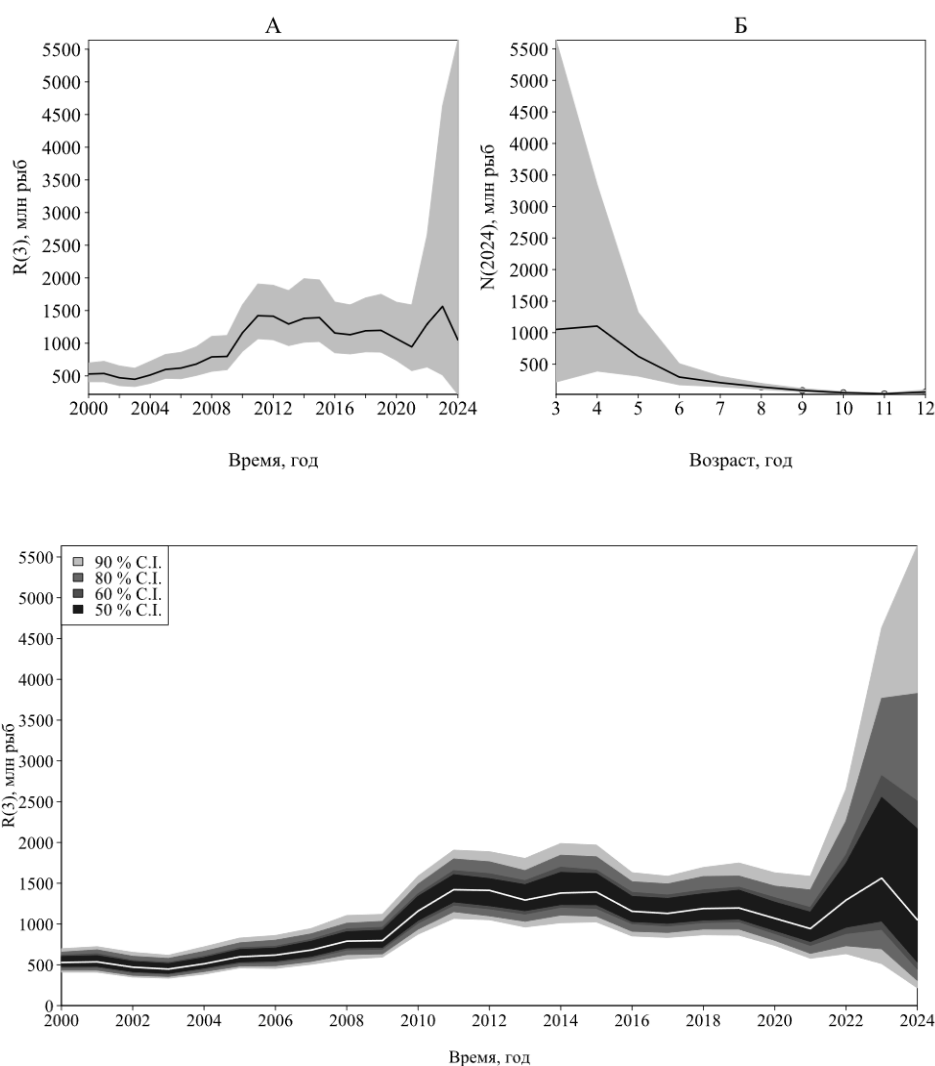


Рис. 135. Распределение с 90% доверительными интервалами, показанными здесь и далее серой заливкой (А) динамики пополнения в возрасте 3 года $R(3)$ и численности рыб по возрастам в 2024 г. в млн особей (Б) вверху, а снизу распределение динамики пополнения по меньшей разнице процентилей C.I.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб

[Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ПРП) определяется со следующей целью – эксплуатировать запас в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла.

Предлагается кусочно-линейное ПРП, которое будет пропорционально снижать рекомендуемую долю изъятия запаса при снижении биомассы ниже целевого ориентира. Аналитическая форма кусочно-линейного ПРП выражается по зонам состояния запаса согласно следующим формулам [Методические рекомендации..., 2018]:

$$\text{I} - F_i = 0, \text{ при } B_i < B_{\text{Lim}},$$

$$\text{II} - F_i = (F_{\text{tr}} - F_0) \cdot (B_i - B_{\text{Lim}}) / (B_{\text{tr}} - B_{\text{Lim}}) + F_0, \text{ при } B_{\text{Lim}} < B_i < B_{\text{tr}},$$

$$\text{III} - F_i = F_{\text{tr}} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{\text{tr}},$$

где: F_i – рекомендуемая в прогнозный год величина F ; B_i – величина SSB в прогнозный год, тыс. т; B_{Lim} – граничный ориентир по SSB, тыс. т; F_{tr} – целевой ориентир по F ; F_0 – рекомендуемая эксплуатация для проведения научных исследований, пока роли не играет и равна 0; B_{tr} – целевой ориентир по SSB, тыс. т.

Проверка корректности выбора F_{tr} проведена в перспективе на ближайшие 10 лет в разделе «Анализ и диагностика полученных результатов» в процессе анализа рисков, который показал, что выбранное ПРП имеет допустимый риск перелова по пополнению и по росту.

Состояние запаса в 2024 г. в данном ПРП и точечный прогноз на 10 лет вперёд показаны ниже (рис. 136). Согласно точечным оценкам, запас останется в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла, но в 2024 г. неопределённость состояния запаса и его эксплуатации велики.

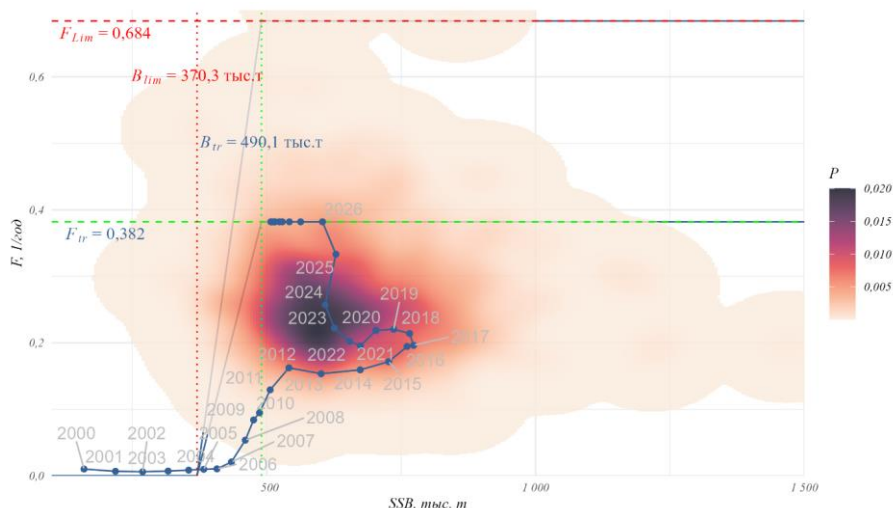


Рис. 136. Вероятное состояние запаса в 2024 г., показанное плотностью (P), и точечный прогноз SSB при вылове в 2025 г. 150 тыс. т минтая и дальнейшем следовании ПРП

Прогнозирование состояния запаса

Использование статистических распределений ключевых биологических параметров за последние 10 лет, вылова 150 тыс. т в 2025 г. и

последующее применение выбранного ПРП приводит к следующей вероятной динамике SSB за 10 лет (рис. 137).

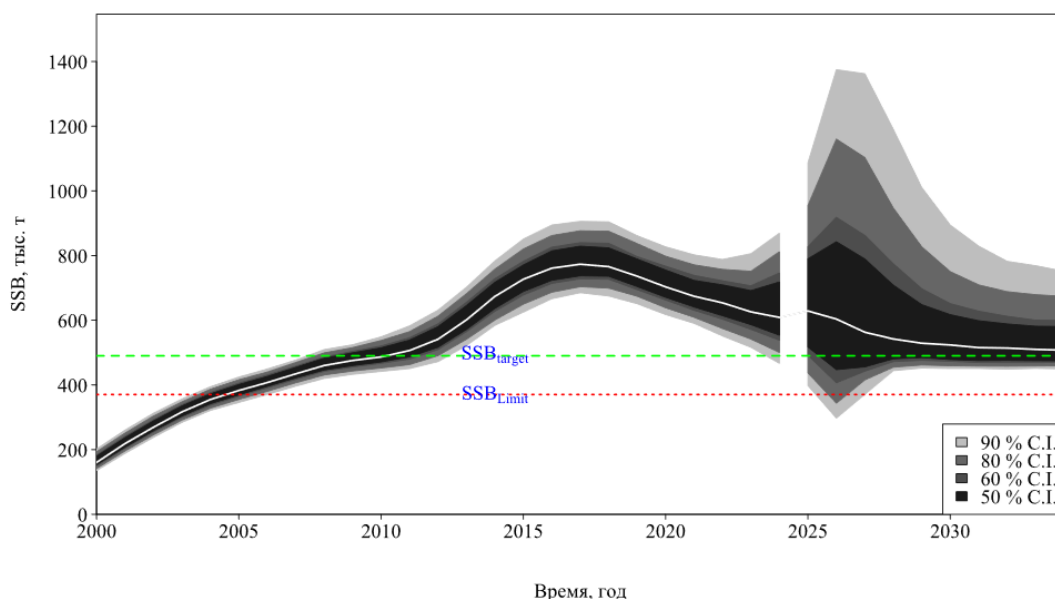


Рис. 137. Вероятное распределение SSB при вылове в 2025 г. 150 тыс. т минтая в Восточно-Сахалинской подзоне и последующей реализации ПРП

Согласно данному прогнозу более 85% вероятной динамики SSB пройдет выше граничного ориентира, а медиана (50%) будет выше целевого ориентира с максимальным риском перелома по росту до 40%. Более детально эти вероятности показаны ниже (рис. 138).

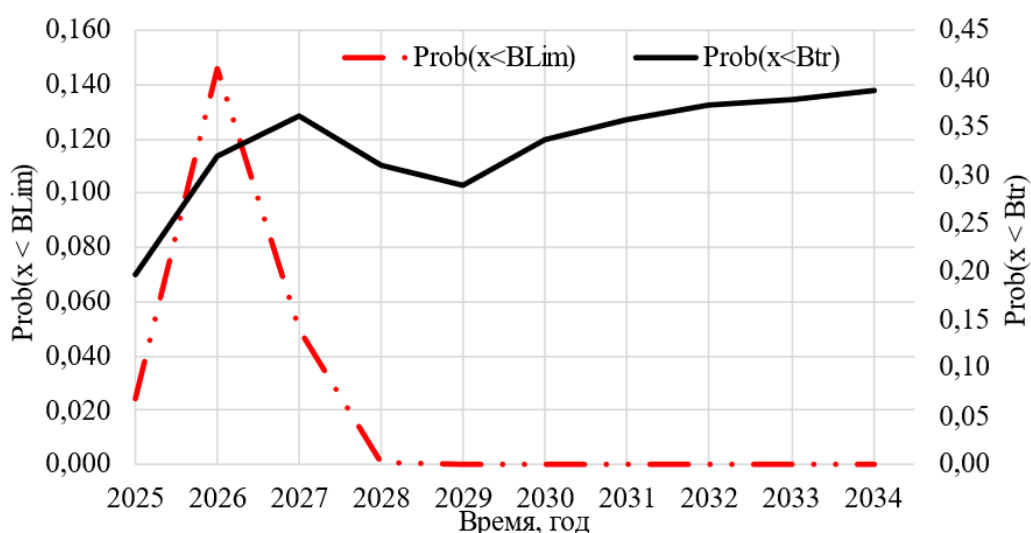


Рис. 138. Вероятные состояния SSB минтая в Восточно-Сахалинской подзоне при вылове около 150 тыс. т в 2025 г. и последующей реализации ПРП

Таким образом, моделью UKS прогнозируется сохранение благоприятного состояния запаса для постоянного режима эксплуатации на целевом уровне с рисками перелома по пополнению, стремящимися к нулю, и

слабой тенденцией увеличения риска перелова по росту, вероятность которого через 10 лет будет ниже 40%.

В числовом выражении прогноз SSB показан ниже (табл. 30).

Таблица 30

Статистические характеристики прогноза SSB, тыс. т

Год	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Среднее	SE
2025	371,56	398,00	517,34	628,66	789,94	1086,82	1255,90	677,86	265,26
2026	264,54	297,40	447,24	603,71	842,82	1374,78	1759,35	704,01	418,37
2027	334,97	371,05	455,76	562,99	789,46	1362,27	1859,56	689,24	396,78
2028	426,54	444,00	480,71	542,08	708,58	1190,79	1541,74	651,50	304,46
2029	446,45	452,26	484,39	528,99	648,27	1010,45	1245,49	609,56	223,93
2030	444,92	450,78	478,46	523,65	617,40	894,44	1073,59	579,33	170,53
2031	442,84	450,91	475,28	515,44	598,59	829,37	972,85	562,78	139,30
2032	441,39	448,64	475,81	514,02	588,72	782,23	920,36	553,80	122,16
2033	443,48	451,14	474,94	509,95	581,66	768,79	877,26	548,33	113,44
2034	443,15	449,53	474,47	507,54	580,60	751,47	850,23	545,14	109,83

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Согласно ПРП, прогноз ОДУ представлен в таблице 31. Медиана в 2026 г. находится на уровне 163,8 тыс. т при средней около 164,6 тыс. т, но ошибка средней (SE) крайне велика – 122,6 тыс. т, хотя в разы ниже оценки ОДУ на 2025 г., когда SE = 365 тыс. т.

Таблица 31

Прогноз ОДУ по ПРП

Год	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Среднее	SE
2025	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0	0,0
2026	0,0	0,0	83,2	163,8	222,4	362,2	442,0	164,4	122,6
2027	0,0	0,8	95,4	153,8	209,8	351,3	472,2	165,8	113,4
2028	57,4	82,3	121,0	148,4	192,5	309,9	418,9	167,9	85,1
2029	83,2	90,5	126,8	146,5	175,8	264,3	343,5	159,3	62,5
2030	81,1	89,4	122,1	143,6	166,4	236,9	290,2	150,2	48,9
2031	82,7	90,5	118,8	143,0	161,2	222,1	257,0	145,1	41,4
2032	80,0	88,0	119,1	141,2	159,5	208,0	238,3	142,7	37,4
2033	81,7	90,6	117,7	140,5	158,2	206,2	228,9	141,4	35,5
2034	80,9	87,4	117,6	139,7	156,8	200,0	222,6	140,4	34,9

Итак, учитывая высокую неопределённость параметров модели, её смену на более точную (UKS), а также высокую ошибку прогнозов ОДУ, предлагаем установить **ОДУ минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в 2026 г. равным 163,800 тыс. т**, что соответствует медиане, а не средней, по ПРП с актуализированными ориентирами из более точной настройки СКМ с UKS с учётом новых данных 2024 г. Это выше, чем утверждён ОДУ на 2025 г. (150 тыс. т) на 9,2%.

Анализ и диагностика полученных результатов

Выбранный целевой уровень эксплуатации ($F_{tr} = 0,382 \text{ год}^{-1}$) имеет низкие ($<20\%$) риски перелова по пополнению, но высокий риск перелова по росту через 10 лет (рис. 139), что связано с ростом ошибки от изначально крайне высокой неопределённости терминальной численности младших возрастных групп до 6 лет (рис. 135). Предлагаемый ОДУ в 2026 г. также не имеет высоких рисков наступления неблагоприятных последствий через год и в год промысла (рис. 140).

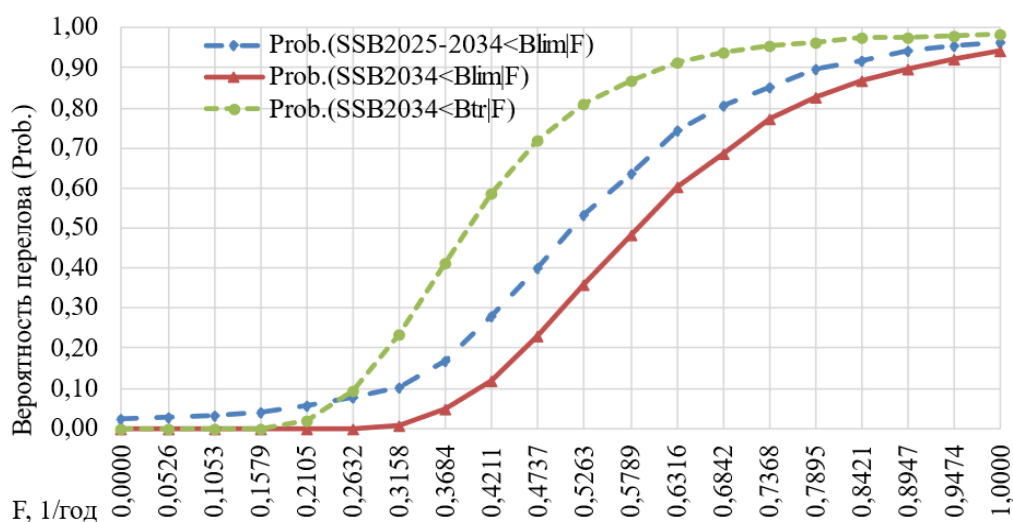


Рис. 139. Вероятности переловов за 10 лет применения ПРП

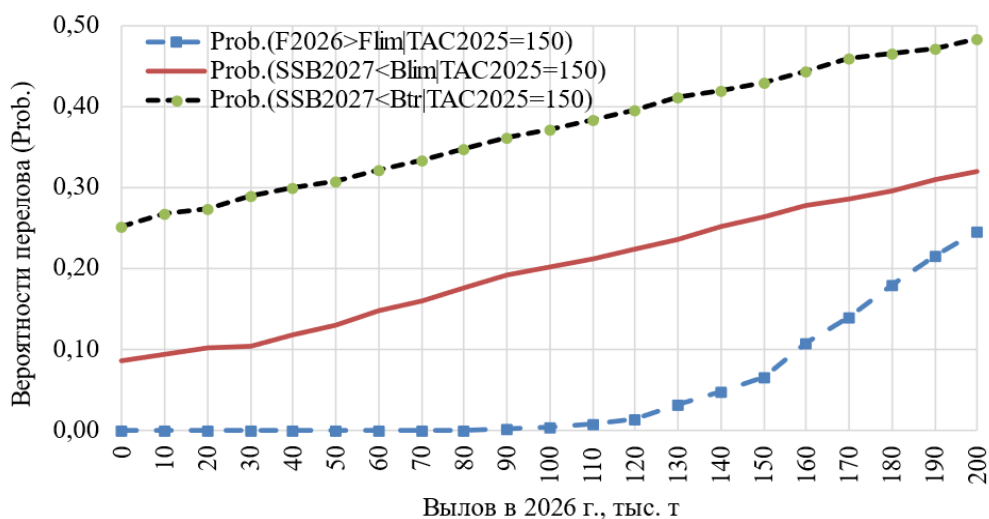


Рис. 140. Вероятности переловов в 2026 г. и превышения граничного ориентира Flim в 2026 г. при различном ОДУ в 2026 г. после вылова в 2024 г. 150 тыс. т

Индекс нерестового запаса по икре не так хорошо укладывается в моделируемую динамику SSB, которая не имеет такого резкого взлёта в последние годы. В отличие от индекса SSB индекс промыслового запаса (FSB), из GLM после REMA, незначительно отклонялся от моделируемой динамики запаса (рис. 141).

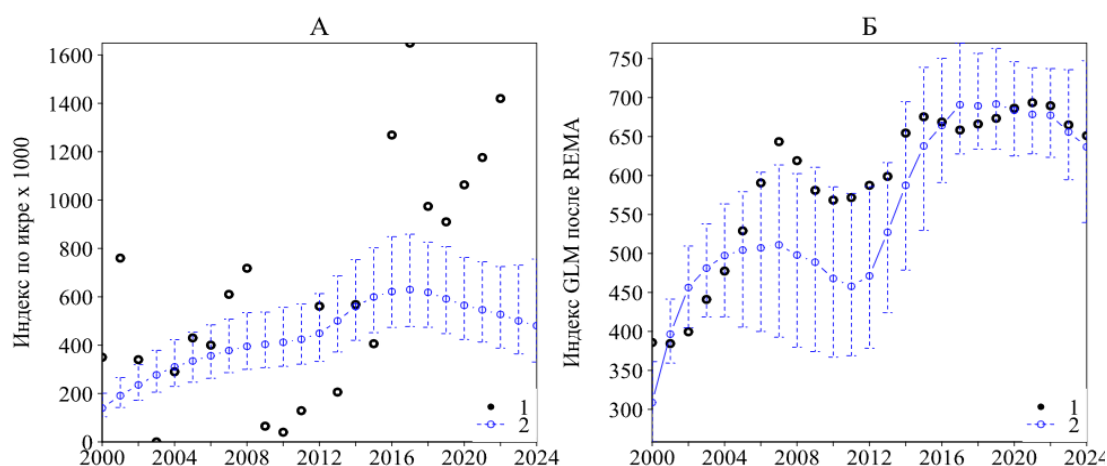


Рис. 141. Динамика запасов в масштабе их индексов: А – SSB, Б – FSB, 1 – значения индексов, 2 – их модельные распределения с 90% доверительными интервалами, показанными усами

Таким образом, независимая от промысла информация (индекс по икре из научной съёмки) даёт рост нерестового запаса значительно выше, чем ожидается в UKS, особенно в 2023 г. Именно эта информация приводит к высокой неопределённости параметров модели, т.к. по возрастному составу уловов такой ярко выраженной тенденции в ошибках нет, хотя сами ошибки в год начала наблюдений и в пополнении достигают весьма внушительных величин (рис. 142, 143). Однако в текущей настройке UKS неопределённость в оценке параметров (рис. 144) стала в разы ниже, чем была ранее (рис. 145). Об этом можно судить по следам ковариационных матриц. Чем меньше разница между следом ковариационной матрицы оптимальной среднеквадратической оценки $D(X|Y)$ в лог масштабе и следом ковариационной матрицы среднеквадратической оценки вектора состояния при оптимальном $\hat{\theta}$ в лог масштабе, тем меньше неопределённость в оценке параметров [Ильин, 2022]. Более правдоподобной также стала селективность, которая стала более избирательной и к младшим, и к старшим возрастным группам (рис. 146), чем была рассчитана по данным до 2023 г. (рис. 147). Оценка M в среднем равная 0,321 (рис. 148) в текущей настройке стала незначительно ниже, чем была по данным до 2023 г. (0,386), но уже ближе к оценке в соседних подзонах зоны Охотское море (0,255).

В общем, текущая настройка СКМ с UKS по всем признакам более предпочтительна, чем была в предыдущем году, поэтому считаем изменение ПРП оправданным.

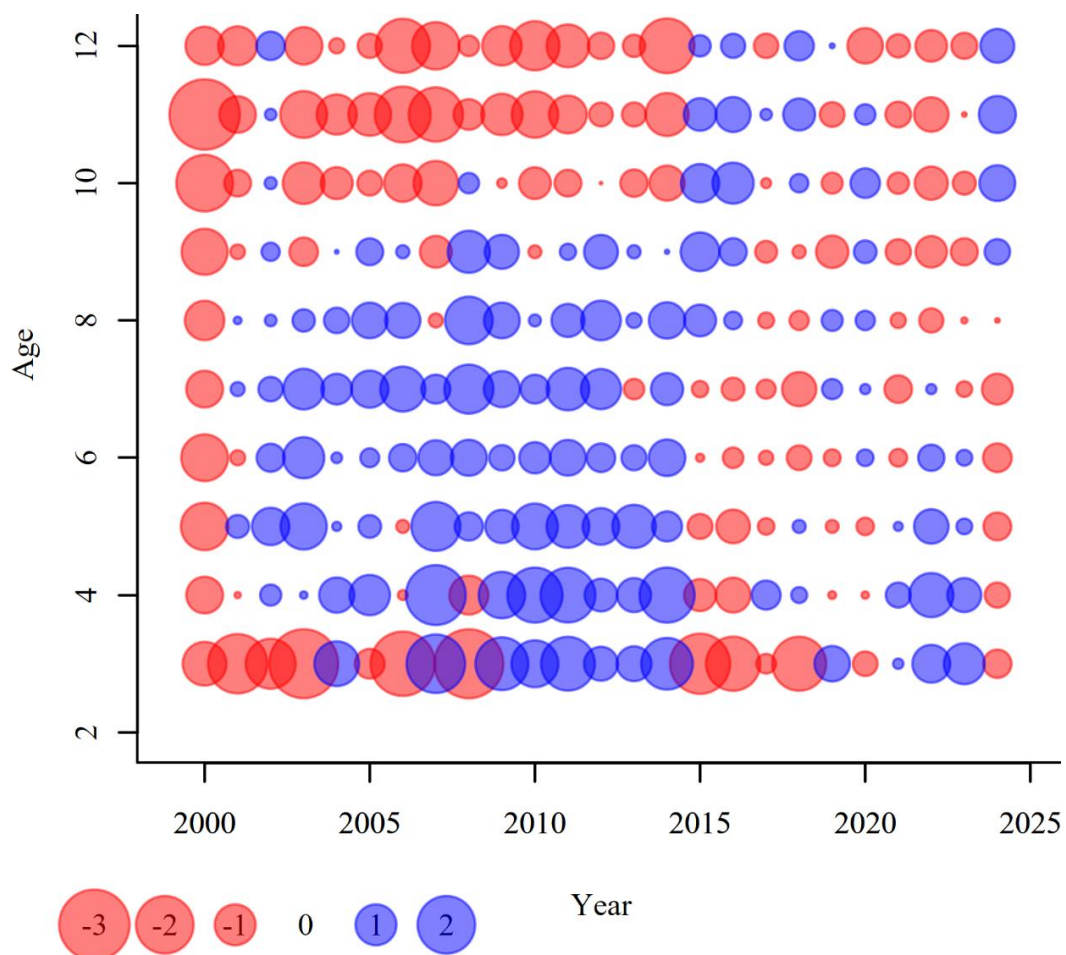


Рис. 142. Отклонения в лог масштабе численности рыб в уловах от модельных значений по годам (Year) и возрастам (Age)

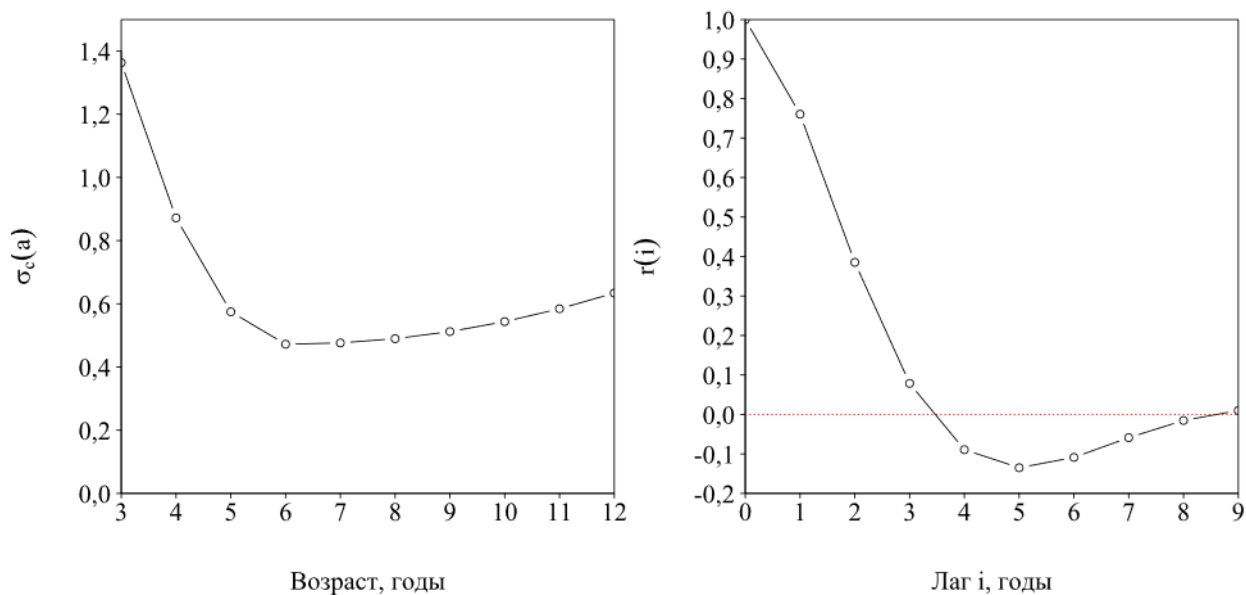


Рис. 143. Изменение стандартного отклонения ошибки наблюдения в уловах в зависимости от возраста рыб (слева) и корреляционная структура AR2 (справа)

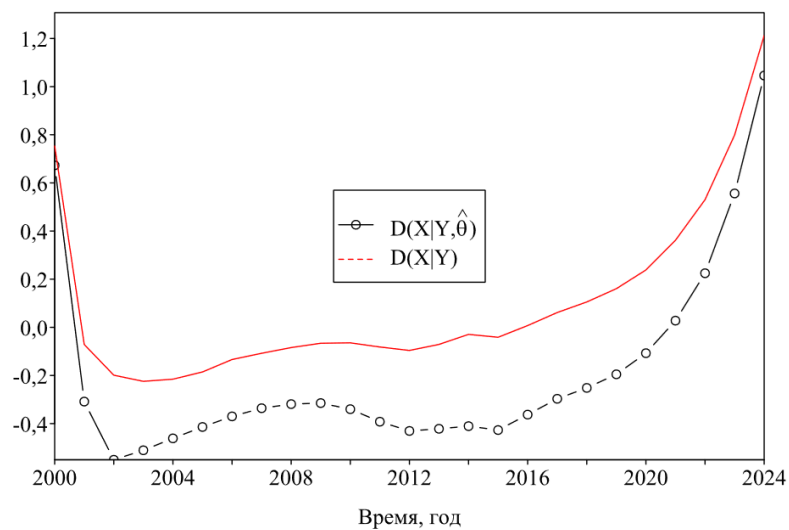


Рис. 144. Следы ковариационных матриц в текущей настройке по обновлённым данным до 2024 г.

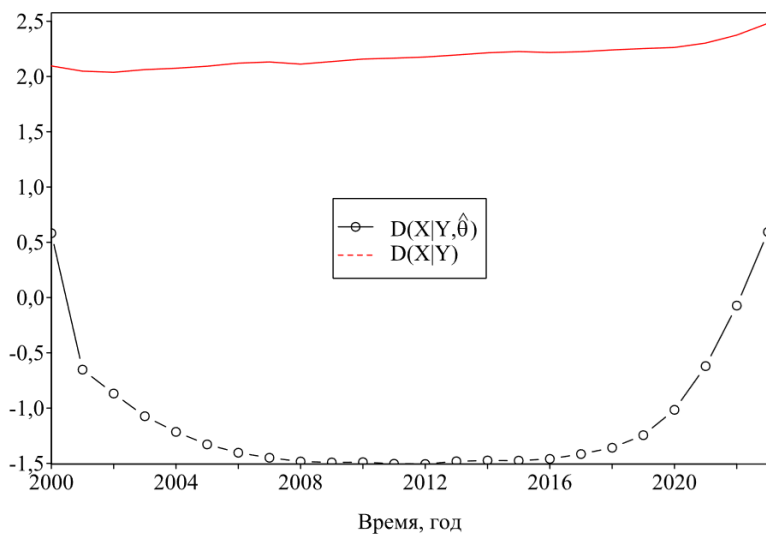


Рис. 145. Следы ковариационных матриц в настройке по данным до 2023 г.

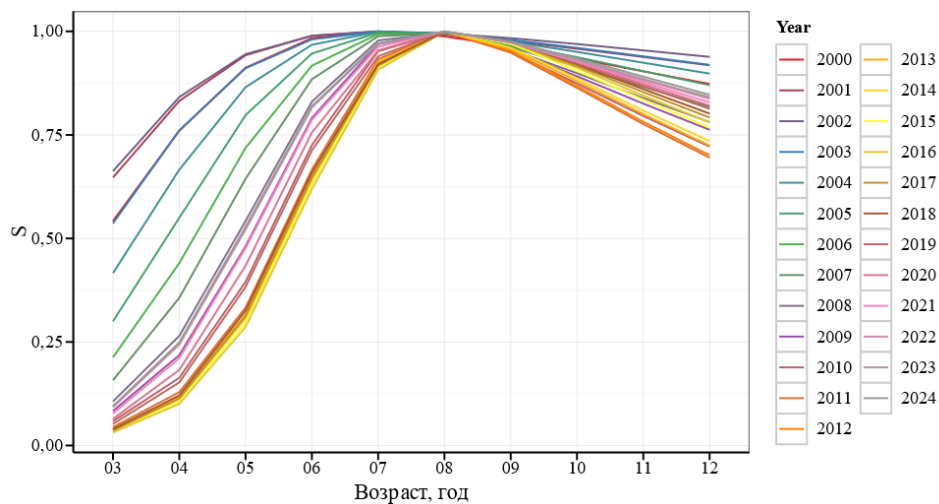


Рис. 146. Оценки селективности до 2024 г.

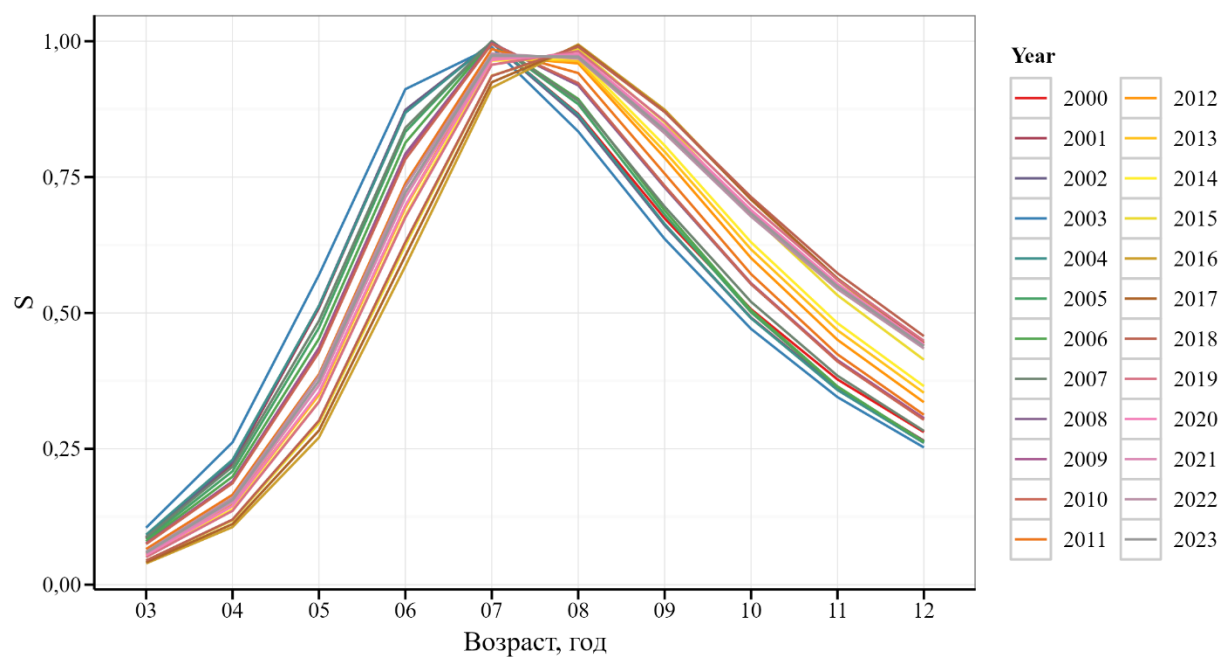


Рис. 147. Оценки селективности до 2023 г.

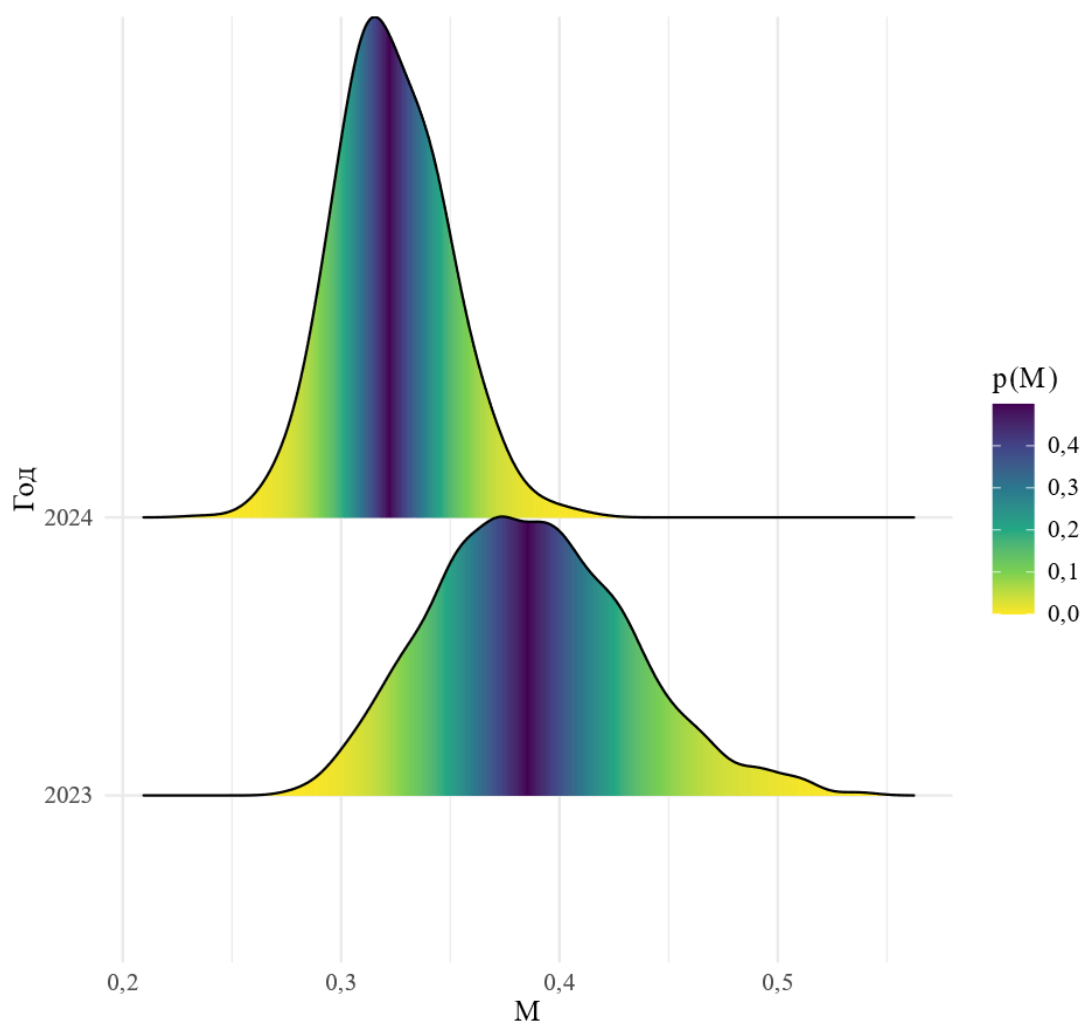


Рис. 148. Оценка M в текущей настройке СКМ с UKS по данным до 2024 г. и до 2023 г.

61.06 - Зона Японское море

61.06.1 - подзона Приморье

Исполнители: Е.Е. Овсянников, А.В. Смирнов («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Для оценки текущего и перспективного состояния запасов и определения ОДУ минтая в подзоне Приморье на 2026 г. использовано следующее доступное информационное обеспечение:

1. Оценки состояния ресурсов минтая, полученные по результатам научно-исследовательских донных траловых съемок, выполненных в подзоне Приморье в весенне-летний период: 2015, 2016 и 2018 гг. на НИС «Бухоро», в 2019 и 2022 гг. на НИС «Владимир Сафонов» и в 2022 г. на НИС «Дмитрий Песков»;

2. Материалы ихтиопланктонных съемок, выполненных в весенний период в зал. Петра Великого, являющегося основным районом воспроизводства приморского минтая: в 2019 г. на НИС «Владимир Сафонов» (6 съемок); в 2020 г. на НИС «Зодиак», НИС «Владимир Сафонов» и РС «Таймень» (ООО «Примрыбфлот») (3 съемки), в 2021 г. на НИС «Убежденный» (5 съемок), в 2022 г. на НИС «Зодиак» (1 съемка), НИС «Дмитрий Песков» (2 съемки); в 2023 г. на НИС «Убежденный» (5 съемок) и в 2024 г. (5 съемок);

3. Данные по минтаю, собранные научными наблюдателями на рыбзаводах: в поселке Каменка в 2017-2018 гг. и в поселке Южно-Морской в 2019-2024 гг.;

4. Сведения о вылове и распределении флота в течение путины 2024 г. по данным судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Обоснование выбора методов оценки запаса

Во второй половине 1990-х гг. в связи с существенным сокращением запасов минтая в подзоне Приморье, его промысел почти прекратился и минтай стали вылавливать только в качестве прилова при других промыслах, в большинстве случаев снюрреводами. Сбор биостатистической информации по минтаю из промысловых уловов был прекращен и для этого вида материалы собирались только в научно-исследовательских экспедициях, которые проводились для оценки состояния запасов рыб прибрежного комплекса.

Во второй половине 2010-х гг. запасы минтая стали расти и отдельные суда маломерного флота начали целенаправленно вести его промысел и сдавать улов на берег. В 2017 г. был возобновлен сбор биостатистических

материалов по минтаю на береговых предприятиях, т.е., данные о размерно-возрастной структуре собирались только последние шесть лет, что не позволяет пока использовать когортные модели. Также отметим, что суда маломерного флота не подавали ССД, т.к. их улов учитывается при сдаче на берег. В настоящее время суда, сдающие минтай на береговые рыбозаводы, показывают в ССД координаты места лова, но улов показывается нулевой. Также сейчас на промысле минтая работают и суда среднетоннажного флота, которые указывают суточный вылов. Исходя из сказанного выше, традиционно прогноз промыслового запаса и ОДУ минтая для подзоны Приморье выполняется с помощью биостатистического метода на основе данных научно-исследовательских съемок. В 1980-е и в первые два года 1990-х гг. запасы минтая в районе оценивались с помощью ихтиопланктонного метода. Затем из-за уменьшения запаса специализированные исследования минтая были прекращены. В последующие годы и по настоящее время запасы минтая оценивались по данным донных траловых съемок. При этих исследованиях минтай в уловах встречается только как прилов; как правило, это крупный половозрелый минтай. Пополнение, которое обитает в пелагиали, в уловах донных тралений встречается не часто. Также отметим, что научно-исследовательские донные траловые съемки в Приморье выполняются не ежегодно, в одни годы к югу от м. Золотой, в другие - к северу от этого мыса, охватывая воды Татарского пролива. Съемки, которые охватывали бы всю акваторию, выполняются крайне редко.

Таким образом, к настоящему моменту при подготовке прогноза можно использовать данные промысловой статистики – исторические ряды уловов, промысловых усилий и уловов на усилие по данным судовых суточных донесений (ССД) с 2003 г., материалы донных траловых съемок с 2015 г., данные наблюдателей с 2017 г., материалы ихтиопланктонных съемок с 2019 г.

Исходя из структуры имеющейся информации о состоянии запасов и промысла, информационная обеспеченность прогноза соответствует II уровню. Согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 и «Методическим рекомендациям по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов» [Методические рекомендации..., 2018], для расчета ОДУ по данным, соответствующим II уровню информационного обеспечения, необходимо применять модели прибавочной продукции. ФГБНУ «ВНИРО» рекомендует для настройки моделей прибавочной продукции использовать пакет прикладных программ (ППП) «COMBI 4.0», которая реализована при подготовке данного прогноза.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. В Японском море, в том числе и в его северо-западной части, с конца 1980-х гг. прошлого столетия наблюдалось неуклонное сокращение запасов минтая, соответственно, и объемов его вылова (рис. 149).

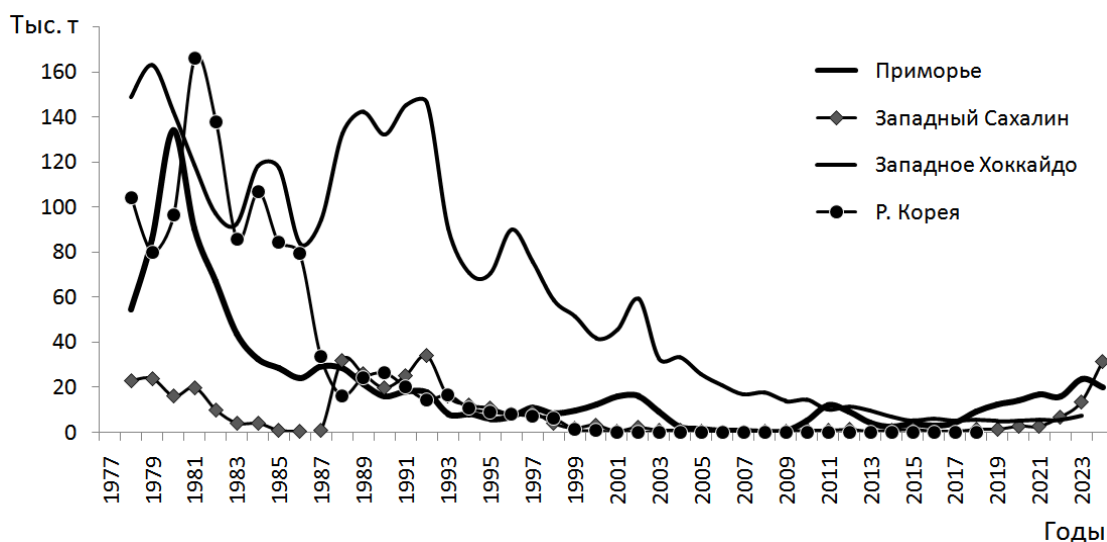


Рис. 149. Динамика вылова минтая в Японском море

По данным донных траловых съемок промысловый запас минтая, в подзоне Приморье в 1997-2022 гг. оценивался от 5,7 до 197,2 тыс. т и в среднем составлял 68,6 тыс. т. Начиная с 2018 г. по данным этих исследований отмечен заметный рост биомассы минтая (рис. 150).

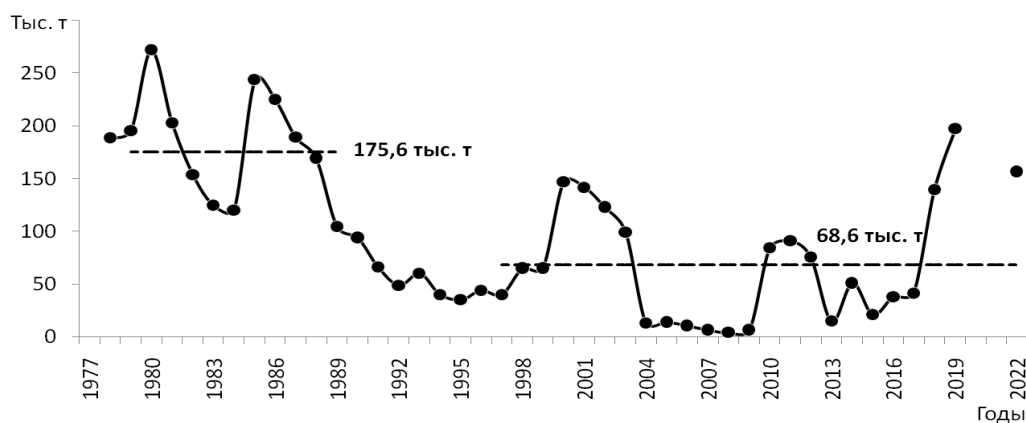


Рис. 150. Динамика промыслового запаса приморского минтая

В 2018 г. по данным донной траловой съемки биомасса и численность минтая в морских водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, на площади в 35,4 тыс. км², были оценены, соответственно, в 125,68 тыс. т и 497,2 млн экз. Севернее м. Золотой (47°20' с.ш.) в водах Хабаровского края на акватории в 26,9 тыс. км² величина его запасов составила 13,8 тыс. т или 52,2 млн экз. Для подзоны Приморье общая биомасса минтая была оценена в 139,5 тыс. т, а численность — в 549,4 млн экз.

В 2019 г. биомасса и численность минтая по данным донной траловой съемки в морских водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, на площади в 31,226 тыс. км² в придонном слое (до 3,5-4,0 м)

оценены, соответственно, в 168,15 тыс. т и 462,19 млн экз. В траловых уловах встречался минтай длиной от 10 до 82 см (рис. 151).

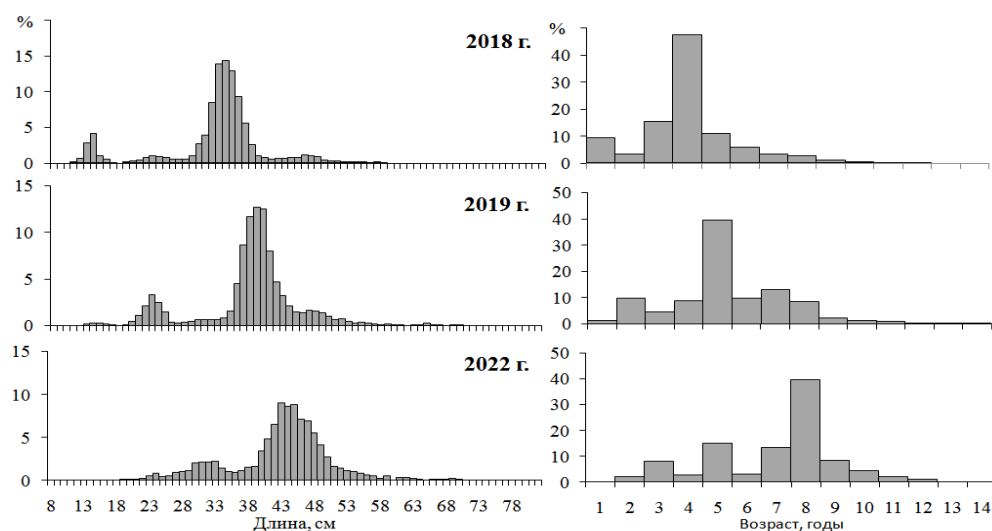


Рис. 151. Размерно-возрастной состав приморского минтая по данным научно-исследовательских донных траловых съемок 2018-2022 гг.

Основу популяции приморского минтая весной 2019 г. составляло сверхурожайное поколение 2014 г., на долю 5-годовалых рыб приходилось 81,7%, доля поколения 2015 г. рождения в возрасте 4 года не превышала 7,2%, а 6-годовиков - только 4,5%. Средняя длина рыб на всей обследованной акватории составляла 38,6 см. На малых глубинах (менее 100 м) в уловах отмечались 2-годовалые особи поколения 2017 г. (рис. 151).

По результатам съемки 2022 г. в водах Приморского края, включая акваторию зал. Петра Великого, в уловах доминировала модальная группа от 43 до 47 см – 42,5%. Доля крупных особей размерами более 50 см не превышала 8,0% от общей численности и 15,0% от общей биомассы. Численность и биомасса в северо-западной части Японского моря составили, соответственно, 310,9 млн экз. и 156,7 тыс. т, что несколько ниже, чем в предыдущий год.

В 2019-2024 гг. на акватории зал. Петра Великого выполнены ихтиопланктонные микросъемки по определению интенсивности нереста минтая. Минимальная продукция выметанной икры была отмечена в 2019 г., что выглядит вполне логичным, поскольку в 5-годовалом возрасте половой зрелости достигла лишь незначительная часть урожайного поколения 2014 г., представленная преимущественно самцами. Последние, как видно, почти двукратно преобладали в родительском стаде (табл. 32). Однако уже на следующий год соотношение полов выровнялось, продукция икры за счет созревших самок возросла почти на порядок, а численность и биомасса производителей увеличилась в пять раз, достигнув пиковых значений. В 2021 г. количество выметанной в зал. Петра Великого икры сократилось на 50%, однако в 2022 г. вновь возросло (табл. 32). Учитывая, что в возрастной структуре половозрелых рыб какого-либо значимого пополнения не

прослеживалось, то можно с достаточной долей уверенности полагать, что увеличение продукции икры произошло за счет высокой абсолютной плодовитости самок поколения 2014 г. и их значительного преобладания над самцами. Вместе с тем, и численность и биомасса нерестового запаса минтая последовательно снижались после 2020 г. по мере убыли рыб урожайной генерации. Отсутствие в уловах значимого пополнения родительского стада дает основания прогнозировать существенное снижение интенсивности воспроизводства минтая в зал. Петра Великого в ближайшие годы.

Таблица 32

Репродуктивные показатели минтая зал. Петра Великого по результатам ихтиопланктонных съемок

Параметры	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Производство икры за нерестовый сезон, $\cdot 10^9$	982,5	6586,9	4483,2	5863,2	2178,0	1129,6
Средняя абсолютная плодовитость самки, тыс. икр.	113,8	158,4	123,2	238,0	271,5	249,1
Доля самок в нерестовом в нерестовом запасе, %	38,7	50,5	48,3	65,1	54,8	49,4
Численность производителей, млн экз.	22,3	107,3	52,7	37,8	14,6	9,2
Средняя масса производителей, кг	0,382	0,431	0,431	0,572	0,574	0,562
Биомасса нерестового запаса, тыс. т*	8,5	46,3	26,5	21,6	8,4	5,2

**без учета вылова производителей до начала ихтиопланктонных съемок*

По количеству выметанной икры численность производителей, участвовавших в нересте 2019 г., оценена в 22,3 млн экз., что в терминах биомассы составило 8,5 тыс. т (табл. 32). В следующем нерестовом сезоне эти показатели возросли в четыре раза, а в 2021 г. снизились до 52,7 млн экз. и 26,5 тыс. т, соответственно. В 2022 г. биомасса производителей уменьшилась до 21,6 тыс. т., в последующие годы она последовательно снижалась, достигнув минимума в 2024 г. – 5,2 тыс. т. Анализ размерно-возрастной структуры половозрелых рыб в уловах из зал. Петра Великого свидетельствует, что на протяжении 5 лет в нерестовом запасе абсолютно доминировало поколение 2014 г. рождения (рис. 151). Его доля в 2018, 2019 и 2022 гг. составляла 48,4, 51,1 и 53,5%, соответственно. Однако к 2024 г. его доля в результате естественной смертности по достижении возраста 10 лет и значительного изъятия промыслом в последние 6 лет существенно уменьшилась.

Состояние промысла. В подзоне Приморье в водах зал. Петра Великого промысел минтая осуществляется, начиная со второй половины 1940-х гг., годовые уловы этого вида здесь изменялись в диапазоне от 5 до 80 тыс. т, при этом повышенные объемы (более 30-40 тыс. т), при последовательном снижении уловов отмечались в 1960-1963, 1972-1975, 1979-1982 и 1987-

1989 гг. [Фадеев, Веспестад, 2001]. Длительность этих периодов составляла 3-4 года. Можно полагать, что увеличение уловов было обусловлено высоким уровнем запасов, формируемых поколениями высокой численности, поскольку каждое из них обычно доминирует в промысловом запасе 3-4 года подряд.

В 1990-е гг. объемы вылова сократились до исторического минимума. Причиной постепенного затухания промысла в эти годы являлось, прежде всего, плохое состояние запасов и соответственно, снижение уловов на усилии в зал. Петра Великого. Кроме того, в эти годы снижение интенсивности лова происходило из-за структурных перестроек местных рыбопромышленных предприятий и переориентации их на экспедиционный промысел минтая в Охотском море. После этого существующая интенсивность промысла не обеспечивала полного освоения имеющихся ресурсов и рекомендованные к вылову объемы минтая практически ежегодно не осваивались из-за не выставления промыслового флота [Фадеев, Веспестад, 2001]. В 2000-х гг. произошло постепенное и довольно существенное сокращение количества судов, участвующих в прибрежном промысле рыб в подзоне Приморье [Калчугин и др., 2015]. Поэтому основной причиной недоосвоения ОДУ минтая, как и объемов РВ других видов рыб, по-прежнему было недостаточное количество рыбодобывающих судов, выставляемых на промысел. В течение 2010-е гг. запасы минтая в подзоне Приморье продолжали оставаться на низком уровне, а выделяемые для вылова объемы также недоосваивались из-за недостаточного количества добывающих судов (табл. 33). В то же время было отмечено, что в апреле-мае периодически в значительных количествах минтай мог заходить в ставные орудия лова. Однако, согласно действующих Правил рыболовства, прилов видов, для которых устанавливается величина ОДУ, не должен превышать 2% от общего улова, поэтому этот минтай, либо был выпущен, либо (что чаще всего и происходило) не входил в статистические данные по вылову [Ким, 2010]. Начиная с 2019 г. в связи с отмеченным ростом запаса и, соответственно, с увеличением объемов рекомендуемых к вылову в первой половине года часть судов малотоннажного флота начали специализированно добывать минтай.

Таблица 33

ОДУ и вылов минтая в 2010-2024 гг.

Показатель	Год														
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ОДУ, тыс. т	9,4	22,1	18,2	10,3	5,6	4,58	4,42	5,55	10,5	18,5	28,7	23,2	20,7	26,7	24,9
ВЫЛОВ, тыс. т	5,15	12,11	9,15	4,17	2,58	3,79	3,13	4,40	9,44	12,55	14,06	16,83	15,98	23,73	20,21
Освоение, %	54,8	54,8	50,3	40,5	46,1	82,8	70,8	79,3	89,9	67,8	49,0	72,6	77,2	88,9	81,2

В течение 2020 г. специализированный промысел минтая в различные сезоны вели до 2-4 СТР, 3 МКРТМ, до 3-5 СРТМ, не более 2-7 РС и ряд других типов судов с меньшей мощностью двигателя. В первом квартале

основная часть квот минтая осваивалась в основном судами класса РС в районе между м. Поворотный и м. Южный ($44^{\circ}02'$ с.ш., $135^{\circ}37'$ в.д.). Однако основным районом работы промысловых судов являлся свал глубин от 450 до 680 м от бух. Краковка до бух. Валентина. В январе-марте уловы минтая на усилие у РС варьировали от 1,1 до 41,2 т (в среднем 9,4-17,1 т), у СТР – от 1,6 до 63,3 т (в среднем 10,5-32,7 т), а у МКРТМ и СРТМ в среднем не превышали 7,8 и 3,7 т соответственно. В зал. Петра Великого промысел минтая велся в основном восточнее о-ва Аскольд, главным образом западнее «тафуинских свалов». В течение марта, с началом подходов минтая в район основных нерестилищ в восточной половине залива, уловы на усилие возросли у МКРТМ с 3,2 т до 12,2-15 т, у СРТМ с 6,1 до 10,7, а у РС с 7,4-15,5 т до 32,5-37,0 т (в среднем 18,1-24,1 т). За первые три месяца 2020 г. было выловлено 5,77 тыс. т минтая. В апреле специализированный промысел минтая суда класса МКРТМ и СРТМ вели в основном в восточной части зал. Петра Великого, где уловы на усилие на глубинах 60-80 м составляли от 2,5 до 20,6 т (в среднем 9,8-11,5 т). Данные об эффективности промысла минтая судами класса РС в апреле отсутствуют, однако вылов минтая только этим типов судов в апреле составил около 1,28 тыс. т, при общем показателе в 2,08 тыс. т. В мае у судов класса РС суточные уловы минтая в заливе составляли от 13,7 до 64,3 т (в среднем 14,2-27,9 т), у МКРТМ и СРТМ уловы по-прежнему были ниже – от 3,0 до 23,6 т (в среднем 6,4-13,7 т). За пределами акватории залива промысел минтая практически был прекращен. За первую половину 2020 г. суммарный вылов минтая в подзоне Приморье составил более 10 тыс. т, или 56% от первоначального ОДУ, или с учетом скорректированной с 1 июля в сторону увеличения величину ОДУ до 28,7 тыс. т – 35,3%. Из-за малого количества судов, выставленных на промысел в 2020 г., и в частности отсутствия на промысле среднетоннажных (СТР), работавших в предыдущем году, только к началу июня общий вылов минтая превысил уровень 2019 г. Как и ранее, в 2020 г. осенний промысел минтая начался во второй декаде октября и велся в основном в районе между м. Поворотный и бух. Валентина ($43^{\circ}07'$ с.ш.). Месячный вылов минтая в октябре и ноябре составил 0,778 и 0,94 тыс. т, соответственно. Общий годовой вылов минтая в 2020 г. составил 14,06 тыс. т, что соответствует изъятию 49,0 % от увеличенного объема ОДУ (табл. 33).

В 2021 г. промысел минтая осуществлялся в водах зал. Петра Великого, но результативность его была заметно выше. Основной лов минтая в заливе проходил с 10 марта по 07 июня, за этот период в промысле приняли участие 12 судов МТФ и 7 судов СТФ. Ими было выловлено почти 12 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 137 т, максимальный – 314 т. В уловах судов, добывающих минтай, как и годом ранее, преобладали особи поколения 2014 г. (7-годовики – 35,2% от численности уловов) и рыбы поколения 2015 г. рождения (6-годовики – 37,6%). Отметим, что, по данным донных траловых съемок, поколение 2014 г. оценивается как урожайное, а поколение 2015 г. по этим исследованиям было вторым по численности.

Всего за 2021 г. в подзоне Приморье было выловлено 16,8 тыс. т минтая, что составляет 72,6% от ОДУ.

В 2022 г. также осуществлялся в водах зал. Петра Великого, но его результативность была несколько ниже уровня предыдущего года. Основной промысел минтая в заливе проходил с февраль по июнь, за этот период в промысле приняли участие 9 судов МТФ и 15 судов СТФ. Ими было выловлено почти 11 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 84,6 т, максимальный – 326 т. В марте 2022 г. в уловах промысловых судов минтай был представлен особями длиной от 13 до 68 см (среднее 35,5 см), при этом все так же преобладали особи поколения 2014 г. и рыбы поколения 2015 г. рождения. Всего за 2022 г. в подзоне Приморье было выловлено 15,98 тыс. т минтая, что составляет 77,2% от ОДУ.

В 2023 г. промысел минтая осуществлялся в водах зал. Петра Великого. Основной промысел в заливе пришелся на февраль-май, за этот период в промысле приняли участие 6 судов МТФ и 8 судов СТФ (рис. 152). Ими было выловлено почти 20,0 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 178,2 т, максимальный – 462 т. По данным наблюдателей «ТИНРО» в марте 2023 г. в уловах промысловых судов минтай был представлен особями длиной от 29 до 66 см (среднее 44,5 см). Всего за 2023 г. в подзоне Приморье было выловлено 23,7 тыс. т минтая, что составляет 88,9% от ОДУ и является максимальным показателем за последние 36 лет.

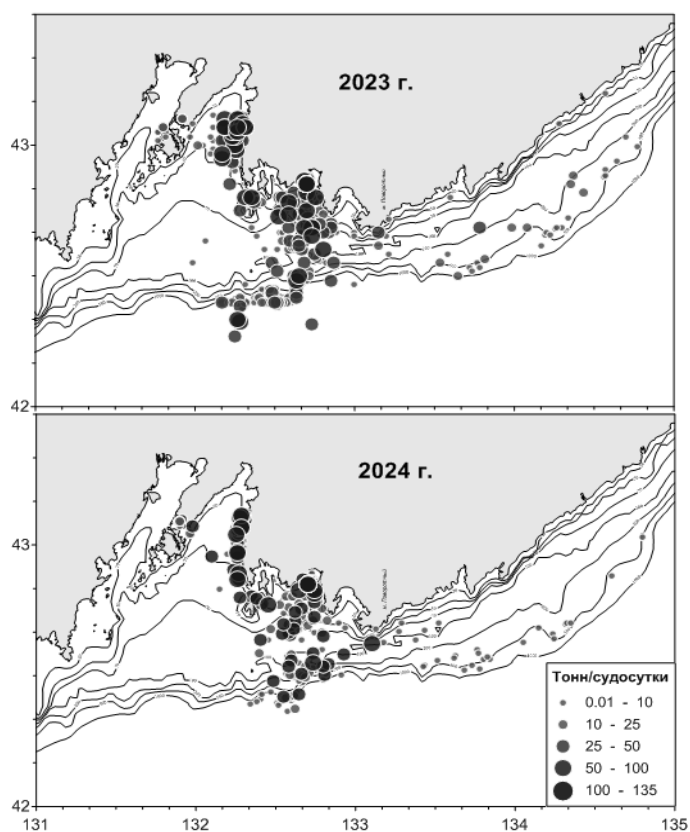


Рис. 152. Дислокация добывающего флота на промысле минтая в зал. Петра Великого в 2023-2024 гг.

В 2024 г., также как и в предыдущие годы, промысел минтая осуществлялся в водах зал. Петра Великого. Основной промысел в заливе пришелся на период с февраля до середины третьей декады апреля, за этот период в промысле приняли участие 8 судов МТФ и 6 судов СТФ (рис. 152). Ими было выловлено около 14,0 тыс. т минтая, средний суточный вылов всеми судами составлял 184,9 т, максимальный – 426 т. По данным наблюдателей в уловах в марте 2024 г. минтай был представлен особями длиной 32-70 см (среднее 44,9 см) (рис. 153). Всего за 2024 г. в подзоне Приморье было выловлено 20,2 тыс. т минтая (81,1% от ОДУ).

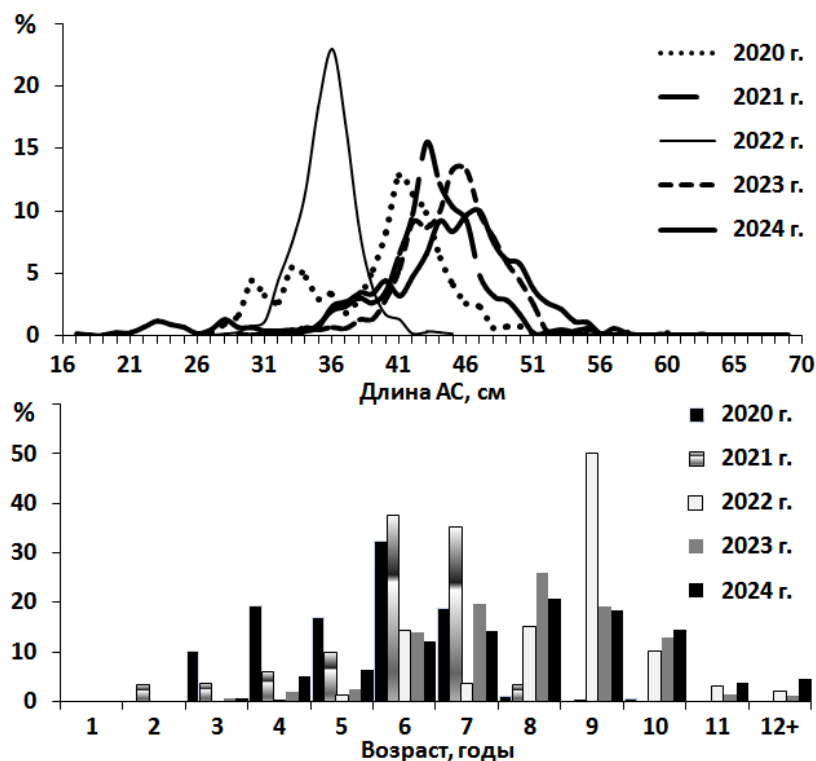


Рис. 153. Размерный состав минтая в промысловых уловах в зал. Петра Великого по данным наблюдателей «ТИНРО» в 2020-е гг.

В настоящее время запас приморского минтая продолжает находиться в хорошем состоянии. В зал. Петра Великого доминирует поколение 2014 г. рождения. Современный период характеризовался резким ростом ресурсов минтая в подзоне Приморье до уровня рекордных значений за всю историю наблюдений. В 2018 г. произошел двукратный рост добычи, благодаря пополнению промыслового запаса рыбами 2014 г. рождения. В последующие годы рост вылова продолжился и в 2023 г. было освоено около 23,7 тыс. т, что явилось максимумом за последние 36 лет. В 2024 г. годовой вылов снизился, но попрежнему остался на высоком уровне в 20,2 тыс. т.

Но это было достигнуто за счет увеличения количества выставленных на промысел судов при том, что промысел в 2024 г. в отличие от прошлых лет был более скоротечен – нерестовые скопления рассредоточились уже к середине апреля и промысел был завершён. Отметим, что результаты

траловой съемки 2022 г. показали, что за три нерестовых сезона поколения 2014 г. какого-либо значимого дочернего поколения не появилось, однако, несмотря на наблюдаемую тенденцию к снижению, ожидаемого возвращения этого ресурса к низкому уровню численности пока не произошло.

Определение биологических ориентиров

Для определения биологических ориентиров и формирования правила регулирования промысла использованы исторические ряды уловов и промысловых усилий на промысле минтая в подзоне Приморье с 2010 г. В основу определения ориентиров управления положена концепция MSY и принципы предосторожного подхода [Бабаян, 2000]. По результатам настройки выбранной модели, зависимость прибавочной продукции от биомассы запаса представлены на рисунке 154.

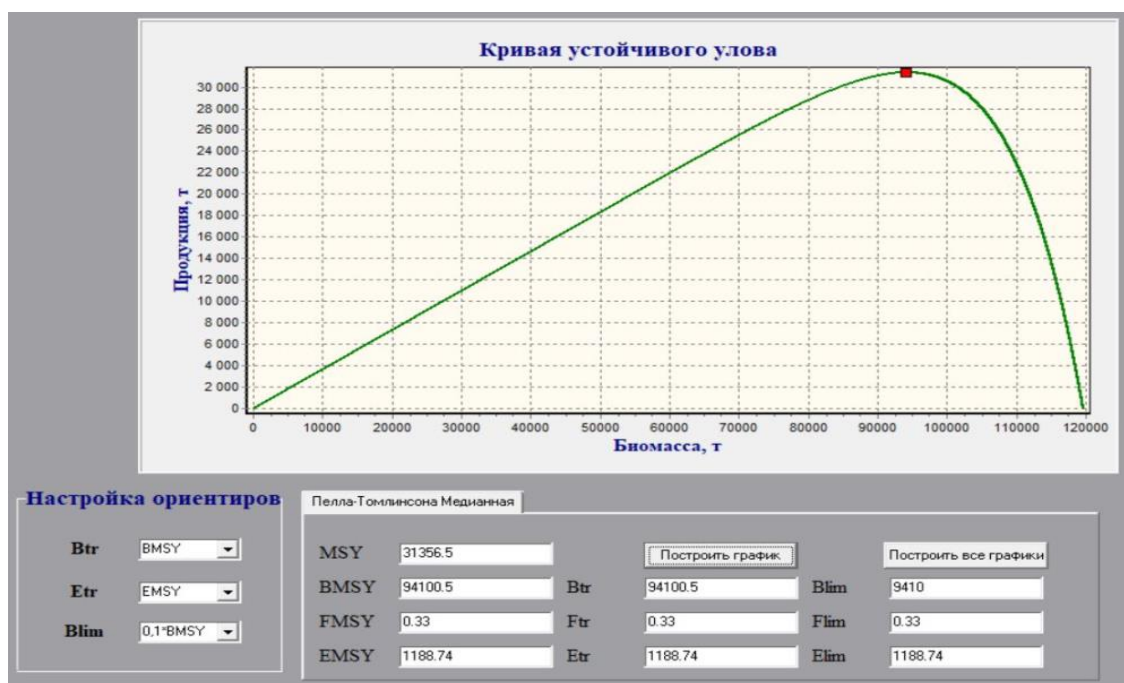


Рис. 154. Кривая устойчивого улова приморского минтая по промысловым данным с 2009 г.

Обоснование правила регулирования промысла

В версии программы «COMBI 4» доступно несколько вариантов линейно-кусочных ПРП, предназначенных для выбора и «настройки» правила регулирования промысла (ПРП), используемого в дальнейшем для прогнозирования состояния запаса и величины ОДУ. Это дает возможность для корректировки целевого ориентира по промысловой смертности исходя из состояния прогнозируемого запаса (табл. 34). Согласно выбранного Fsq75 линейно-кусочного ПРП, уровень изъятия определен 0,149, так как запас ниже целевого уровня и находится в зоне восстановления (рис. 155). При этом риск получить в перспективе улов и общую биомассу меньше наблюдаемого минимума не превышает 1%.

Эффективность правила регулирования промысла для минтая подзоны Приморье

Данные

Оценка параметров модели

Оценка ориентиров управления

Правило регулирования промысла

Коэффициенты эффективности

Обоснование расчетного значения ОДУ

Бутстреп

Параметрический

Оценка коэффициентов эффективности

F01 Линейно-Кусочное 0

FMSY Линейно-Кусочное -1

Fsq Линейно-Кусочное 0

Fsq75 Линейно-Кусочное -0.84

Расчет окончен

Fsq75 Линейно-кусочное ПРП -0.84

Прогнозный горизонт

5

Кол-во прогонов

10000

Модель и метод аппроксимации	ПРП	Время восстановления	Средняя биомасса на прогнозе	Средний улов на прогнозе	Биомасса прогнозная к ретроспективной	Улов прогнозный к ретроспективному	Вероятность В прогнозная < B _{lim}	Вероятность С прогнозный < C _{min}
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq125 Линейно-Кусочное -0.84	0	103941.8	25806.8	1.8	2.5	1	0
Пелла-Томлинсона Медианная	F01 Линейно-Кусочное 0	0	99115.3	30094.9	1.8	2.9	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	FMSY Линейно-Кусочное -1	0	95514.7	31827.8	1.7	3.0	1	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq Линейно-Кусочное 0	0	107228.1	21144.4	1.9	2.0	0	0
Пелла-Томлинсона Медианная	Fsq75 Линейно-Кусочное -0.84	0	108984.4	16240.0	1.9	1.6	1	0

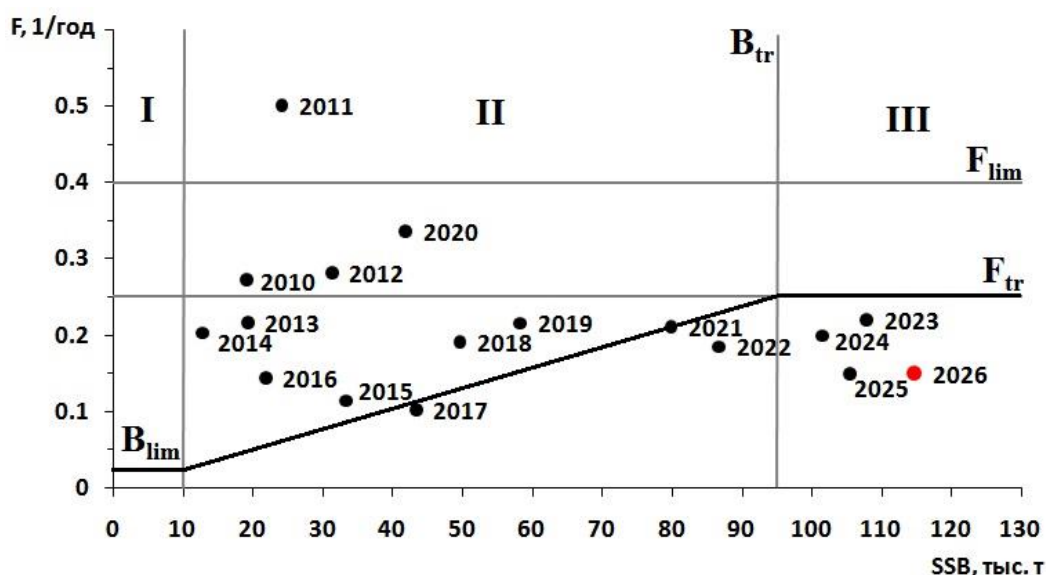


Рис. 155. Схема правила регулирования промысла минтая подзоны Приморье

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз величины промыслового запаса на 2026 г. рассчитан по данным о динамике общего вылова минтая в подзоне Приморье и количестве промысловых операций (усилий), выполненных малотоннажным и среднетоннажным флотом за период с 2010 г. Между уловами и усилиями найдена отрицательная корреляция, что позволяет проводить дальнейшие расчёты (рис. 156).

Период наблюдений составляет 15 лет, поэтому можно использовать только полный набор данных. Был проведен анализ коэффициентов корреляции, суммарного стандартного отклонения, а также, чтобы убедиться в реалистичности параметров моделей, особое внимание обращалось на такие показатели как скорость популяционного роста (r) и емкость среды (K). Наиболее близко для приморского минтая эти популяционные показатели описывала модель Пелла-Томлинсона. Анализ целевой функции (L) также

показал минимальную степень отклонения модельных значений уловов на единицу усилия от наблюдаемых при использовании модели Пелла-Томлинсона и расчете медианного отклонения. После выбора и настройки модели был получен оценки состояния запасов минтая их прогноз в подзоне Приморье (рис. 157).

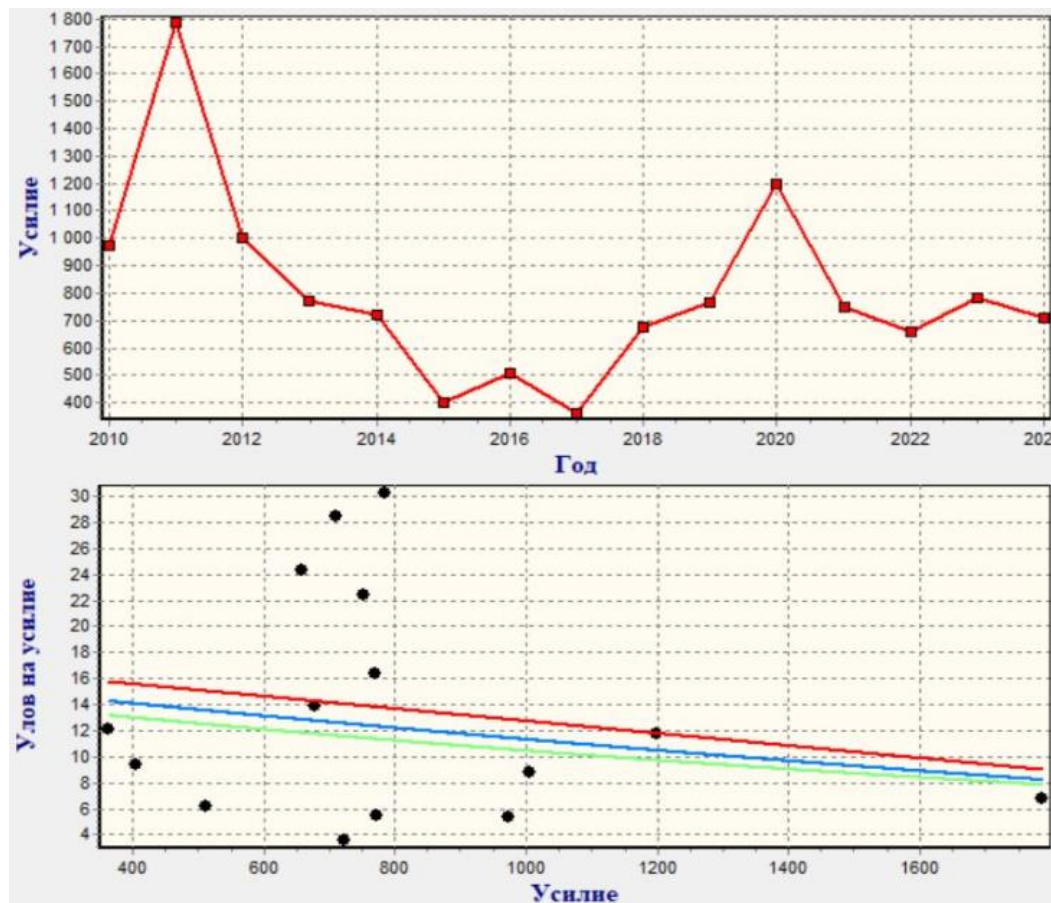


Рис. 156. Зависимость уловов на усилие от количества усилий, добывающего флота на промысле минтая в подзоне Приморье в 2010-2024 гг.

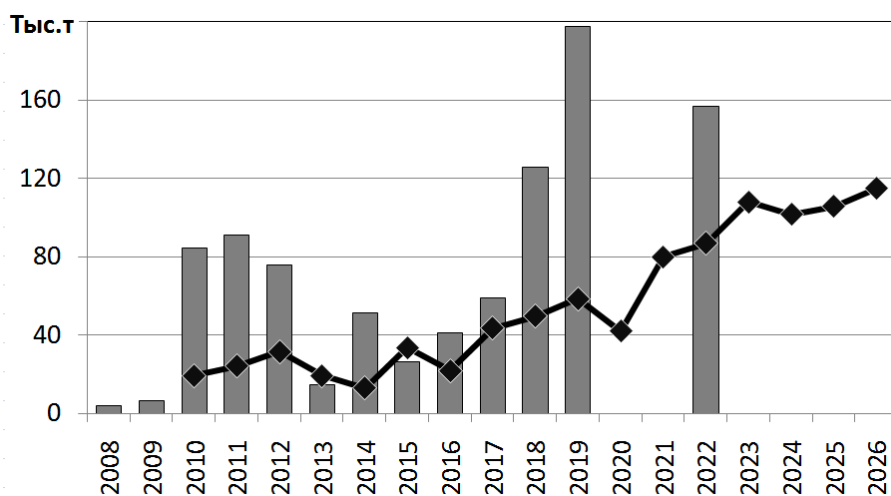


Рис. 157. Промысловая биомасса (FSB) приморского минтая, по данным донных траловых съемок (гистограмма) и её величина рассчитанная программой «COMBI 4» (линия с маркерами)

Согласно проведенным расчетам, предполагаем, что промысловая биомасса в 2024 г. в подзоне Приморье составила около 114,7 тыс. т. Численность урожайного поколения 2014 г. сократится, тем не менее, в 2025 г. вместе с поколением 2015 г. рождения оно еще составит основу промыслового запаса. К началу 2026 г. в промысловом запасе будет отмечаться поколение 2017 г., которое в настоящее время уже заметно в уловах. Отметим, что основной промысел минтая в подзоне Приморье осуществляется на внутреннем шельфе снюрреводами с ячеей не менее 30 см, в результате чего молодь в уловах почти отсутствует, поэтому оценить урожайность конкретных поколений в этом районе можно только по результатам научно-исследовательских траловых съемок. В целом ожидается, что эти поколения в ближайшей перспективе будут поддерживать промысловый запас приморского минтая на уровне около 100 тыс. т.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Ожидаемая промысловая биомасса минтая в подзоне Приморье, рассчитанная в программном комплексе «COMBI 4» на 2026 г. оценена в 114,7 тыс. т, при таком уровне запаса, исходя из принятого правила регулирования промысла рекомендуемый уровень промыслового изъятия составит 0,149.

Таким образом, при прогнозируемой величине промысловой биомассы **ОДУ минтая в подзоне Приморье в 2026 г. на уровне 114,7 тыс. т составит 17,100 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Было установлено, что при эксплуатации на целевом уровне биомасса запаса в ближайшие 5 лет будет оставаться на уровне оптимального B_{MSY} , а ОДУ будет несущественно расти, но не достигнет максимально уравновешенного улова (рис. 158). Так как это очень динамичный запас, минтай начинает вступать в промысловый запас в возрасте 3 года, при вступлении урожайных поколений в промысловый запас его биомасса существенно увеличивается. Биомасса этого запаса может изменяться в несколько раз и даже на порядок за короткий срок, а именно за 3–5 лет. Такую ситуацию наблюдали в 2017-2019 гг., когда запас увеличивался благодаря вступлению в него рыб урожайного поколения 2014 г. рождения (рис. 157).



Рис. 158. Прогноз состояния запасов и ОДУ минтая в подзоне Приморье

Изменение основных параметров продукционной модели Пелла-Томлинсона (r , q , K) показала, что в течение 10 лет биомасса запаса не упадёт ниже оптимального B_{MSY} при эксплуатации на целевом уровне (рис. 159-161). Однако при ошибке в определении этих параметров и превышении MSY биомасса может опуститься ниже оптимальной. В тоже время, как показано на рисунке 158, ОДУ вряд ли превысит отметку $MSY=31,4$ тыс. т.

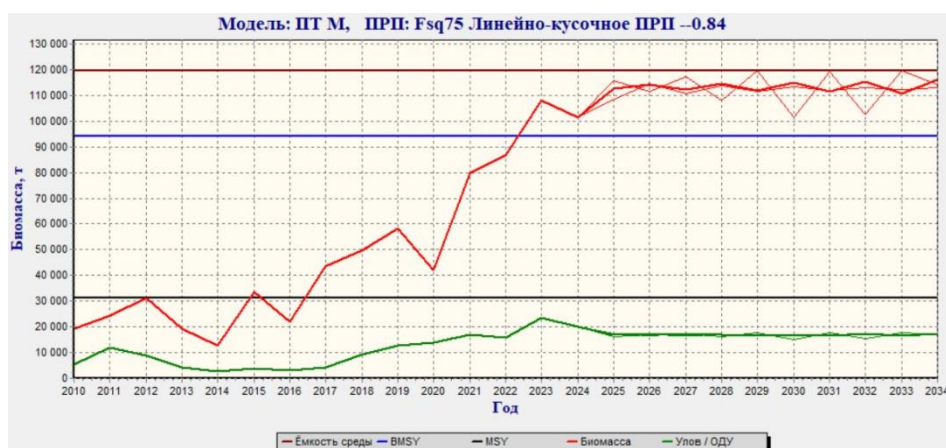


Рис. 159. Прогноз вероятного распределения биомассы и ОДУ при изменениях r



Рис. 160. Прогноз вероятного распределения биомассы и ОДУ при изменениях K



Рис. 161. Прогноз вероятного распределения биомассы и ОДУ при изменениях q

61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона

Исполнители: К.В. Икария, Ким Сен Ток, («СахНИРО»), В.В. Кулик, («ТИНРО»)

Куратор: А.Ю. Шейбак (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Ихтиопланктонные и тралово-акустические съемки, выполненные в период 1990–2024 гг. составляют информационную основу для изучения многолетней динамики численности стада минтая в многолетнем аспекте с целью расчета величины ОДУ с двухлетней заблаговременностью. Преднерестовые, нерестовые и нагульные скопления вида обследовались ежегодно, а полученные материалы включали данные по размерно-возрастной структуре стада, темпу линейно-весового роста и полового созревания рыб, а также многолетней динамике вылова. Промысловая статистика по объекту за 2003–2024 гг. получена из базы ОСМ Росрыболовства. Информация по японскому вылову в западных водах о-ва Хоккайдо получена с сайта <http://abchan.fra.go.jp>. В 2010-2013 гг. осуществлены последние четыре ихтиопланктонные съемки, которые показали минимальное количество икры вида в районе. В дальнейшем учетные работы проводились в рамках траловых съемок. В июне 2018 г. была выполнена учетная съемка на НИС «Бухоро» в количестве 100 ст., в мае-июне 2020 г. на НИС «Владимир Сафонов» – 112 ст., в мае-июне 2022 г. – 128 ст., в марте-апреле 2023 г. – 44 ст., в сентябре-октябре 2024 г. – 69 ст. В связи с отходом от практики ежегодных учетов, в 2014, 2016, 2019 и 2021 гг. учетные работы в районе не проводились. До 2022 г. ежегодно осуществлялся сбор научной информации из промысловых уловов снюрреводного промысла. В 2023-2024 гг. промысловые данные были собраны в ходе разноглубинного тралового лова, интенсивность которого стремительно выросла в рассматриваемом году. С 2009 г. для анализа

размерно-возрастной структуры проанализировано и промерено порядка 23,5 тыс. особей минтая.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Информация о возрастной структуре уловов минтая доступна с 1990 г., что позволяет отнести данные к I уровню информационной обеспеченности прогноза. В настоящем прогнозе используется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана UKS (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022], которая в некоторой степени сходна с известной победительницей множества состязаний в международных Комиссиях – когортной моделью SAM [Berg, Nielsen, 2016]. Модель UKS учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить ППП «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки. Её настройка выполняется в открытом и свободно распространяемом языке программирования высокого уровня – R [R Core Team, 2024].

В материалах ОДУ минтая для Западно-Сахалинской подзоны на 2025 г., прошедших общественные обсуждения и государственную экологическую экспертизу, уже было показано статистическое преимущество использования модели UKS перед остальными моделями. Выбор осуществлялся на основе критерия AICc, учитывая, что во всех конфигурациях отношение числа наблюдений к числу параметров было меньше 40 [Burnham, Anderson, 2004]. Самый низкий AICc был найден у модели UKS. Окончательный выбор был сделан в пользу UKS из-за лучшей ретроспективной устойчивости оценок нерестовой биомассы (SSB) и промысловой смертности (F). По данным до 2023 г. ретроспективная ошибка (ρ) в модели UKS была очень близка к нулю: $\rho(\text{SSB}) = -0,04$ и $\rho(F) = -0,098$ за период 5 лет с 2018 по 2022 гг. относительно 2023 г.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

За прошедшие 30 лет наибольшей величины вылов минтая в Западно-Сахалинской подзоне российскими судами был достигнут в 1994 г. – 12 тыс. т. В последующие годы он не превышал 8 тыс. т, к 2003 г. составил 0,2 тыс. т, а в 2005–2009 гг. – не поднимался выше 0,5 тыс. т в год. В 2010–2015 гг. общий вылов вырос незначительно до 0,8–1,3 тыс. т, что составило 24–54% от ОДУ (табл. 35).

В 2016–2020 гг. промысел минтая стал интенсифицироваться, в нем принимали участие суда 6–7 рыбодобывающих компаний. Общий вылов в эти годы нарастал, достигнув в 2020 г. 2458 т или 70,2% ОДУ. В 2021 г. вылов составил схожую величину – 2665 т или 66,6% ОДУ. В 2022 г. годовое изъятие резко выросло до 6251 т, хотя уровень освоения рекомендованного ОДУ составил лишь 53,0%, ввиду значительного увеличения допустимого изъятия. В 2023 г. общий вылов вновь удвоился и составил по данным ОСМ «Росрыболовства» 12920,8 т или 86,1%. В предыдущие годы местные предприятия использовали на лове главным образом суда малотоннажного

флота типа РС, МКРТМ и МРС-150, вооруженные снюрреводами. В 2023 г. ситуация кардинально изменилась, в районе появились суда среднетоннажного (СТФ) и крупнотоннажного (КТФ) флота, вооруженные разноглубинными тралами. Суммарный вылов СТФ и КТФ составил в этом году 7582,4 т или 58,7% годового изъятия. В 2024 г. годовой вылов достиг уже 29704,126 тыс. т (84,9% от ОДУ) Суммарный вылов СТФ и КТФ составил примерно 94,5% общего вылова.

Таблица 35

**Вылов, ОДУ и степень освоения ресурсов минтая в Татарском проливе
в 2003–2024 гг., т**

Год	ОДУ, т	Общий вылов (ССД), т	Освоение, %
2003	2600	193,658	7,4
2004	2200	654,41	29,7
2005	1000	338,99	33,9
2006	1000	266,218	26,6
2007	1000	238,082	23,8
2008	1000	418,376	41,8
2009	2500	247,166	9,9
2010	3100	888,766	28,7
2011	3000	1071,308	35,7
2012	2300	1235,211	53,7
2013	3200	776,685	24,3
2014	3200	853,26	26,7
2015	3200	1304,556	40,8
2016	2100	536,944	25,6
2017	1153	322,873	28,0
2018	1600	942,646	58,9
2019	2000	1504,181	75,2
2020	3500	2458,194	70,2
2021	4000	2664,939	66,6
2022	11800	6251,144	53,0
2023	15000	12920,751	86,1
2024	35000	29704,126	84,9
Среднее (2003-2024):	4793,3	2990,567	62,4
Среднее (2015-2024):	7935,3	5861,035	73,9

До 2017 г. порог освоения имеющихся ресурсов не поднимался выше 54%, в среднем 29,1% объема ОДУ. Это объяснялось неразвитостью специализированного лова минтая в Татарском проливе после 1990-х гг. В 2018-2024 гг. промысел объекта заметно усилился, что связано с улучшением состояния промыслового стада.

Длительная тенденция снижения запасов минтая наблюдалась и в смежных водах о-ва Хоккайдо, что объясняется единым популяционным ареалом вида, охватывающим западные воды о-ва Сахалин и о-ва Хоккайдо. В японских водах с 1970 по 1992 гг. вылов менялся в пределах 84–163 тыс. т (рис. 162). С 1993 г. наметилось явное снижение уловов, приведшее в 2010 г.

к падению уровня годового вылова до 15 тыс. т. В 2010-е гг. величина вылова в районе снизилась до 5,3–10,6 тыс. т в год. В начале 2020-х гг. вылов все еще оставался на низком уровне, равном 5,1–5,6 тыс. т. Объем российского вылова в Татарском проливе в 2000-е гг. значительно уступал японскому вылову и составлял всего 1–8% от его величины. В 2010-е гг. этот показатель нарастал от 6 до 29%, а в начале 2020-х гг. составил около 48%.

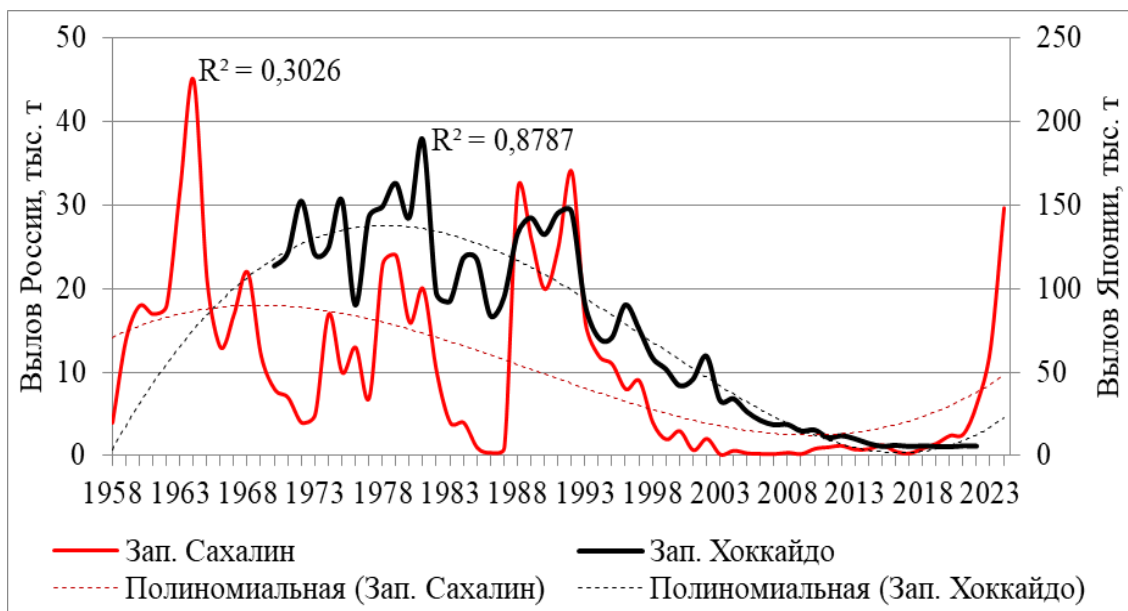


Рис. 162. Многолетняя динамика вылова минтая в северояпонских водах и ее полиномиальный тренд

В 2010–2018 гг. общий период промысла минтая длился обычно с мая по декабрь. В 2019 г. традиционный летний сезон лова дополнился интенсивным промыслом снюрреводами в январе–феврале на юго-западном склоне Сахалина с глубинами 340–460 м. В эти зимние месяцы половозрелые рыбы образуют плотные зимовальные скопления на склоне. Традиционно эти скопления не эксплуатировались. В 2020 г. суда преимущественно работали в марте–июне (96,7% общего вылова). В 2021–2024 гг. флот вел интенсивный промысел всю первую половину года — с января по июнь и, после длительного перерыва, в ноябре–декабре. В последнее десятилетие (2015–2024 гг.), максимальные уловы рыб наблюдались в мае–сентябре, что в сумме составляло 51% общегодового вылова (рис. 163). В летний период года промысел был распространен вдоль юго-западного побережья Сахалина, на глубинах 30–160 м для снюрреводного лова и 230–540 м — для ярусного лова (рис. 164). Суда, оснащенные разноглубинными тралами, работали на склоне в диапазоне глубин 145–717, в среднем 441,3 м. Флот осуществлял промысел преимущественно южнее м. Слепиковского (47°30' с. ш.).

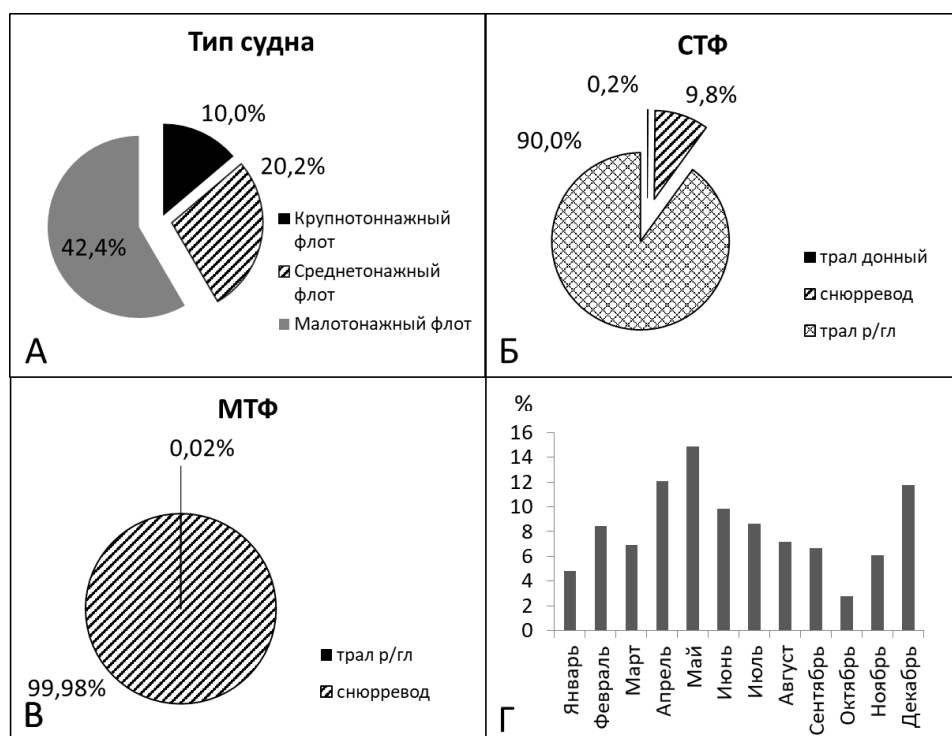


Рис. 163. Среднегодовая статистика добычи минтая в Татарском проливе по типу судов (А), орудиям лова (Б, В) в период 2015–2024 гг. (Г)

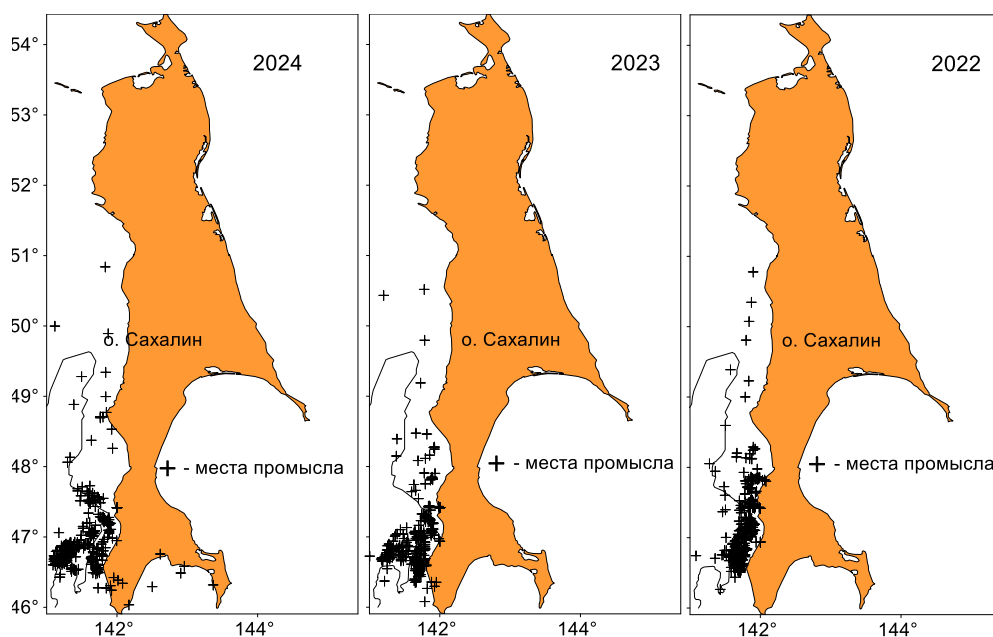


Рис. 164. Район промысла минтая в водах Татарского пролива в 2022–2024 гг.

В последнее десятилетие вылов минтая в западных водах Сахалина осуществлялся крупнотоннажными (10,0%), среднетоннажными (20,2%) и малотоннажными (42,4%) судами, оснащенными снюрреводным и траловым оборудованием (рис. 163). Судами КТФ и СТФ преимущественно использовались разноглубинный трал (90,0%) и снюрревод (9,8%), доля вылова донным тралом не превышала 0,2%. Основу добычи малотоннажного флота составлял снюрреводный вылов (почти 100%).

За прошедшее десятилетие промысловые уловы на усилие (суточный вылов снюрреводами) у малотоннажных судов типа МРС заметно колебались (рис. 165а). С 2007 г. наблюдался тренд на увеличение среднего улова на усилие, прослеживавшийся вплоть до 2013 г. (2,3 т). В 2014–2017 гг. улов на усилие снизился от 2,1 до 0,7 т. В 2018–2020 гг. его величина вновь значительно выросла, составив примерно 2,5–3,9, причем последняя оценка – максимальная за последние 20 лет. В 2021–2024 гг. средний улов на усилие для МРС существенно колебался, находясь в пределах 1,2–3,6 т/усилие. Суда типа РС, показывавшие высокие результаты промысла в последнее пятилетие, в 2024 г. продемонстрировали сходную с 2023 г. величину улова на усилие – 6,0 т (рис. 165б). Средние уловы на усилие для судов типа СТФ и КТФ кратно увеличивались в 2021–2024 гг. (рис. 165в, г).

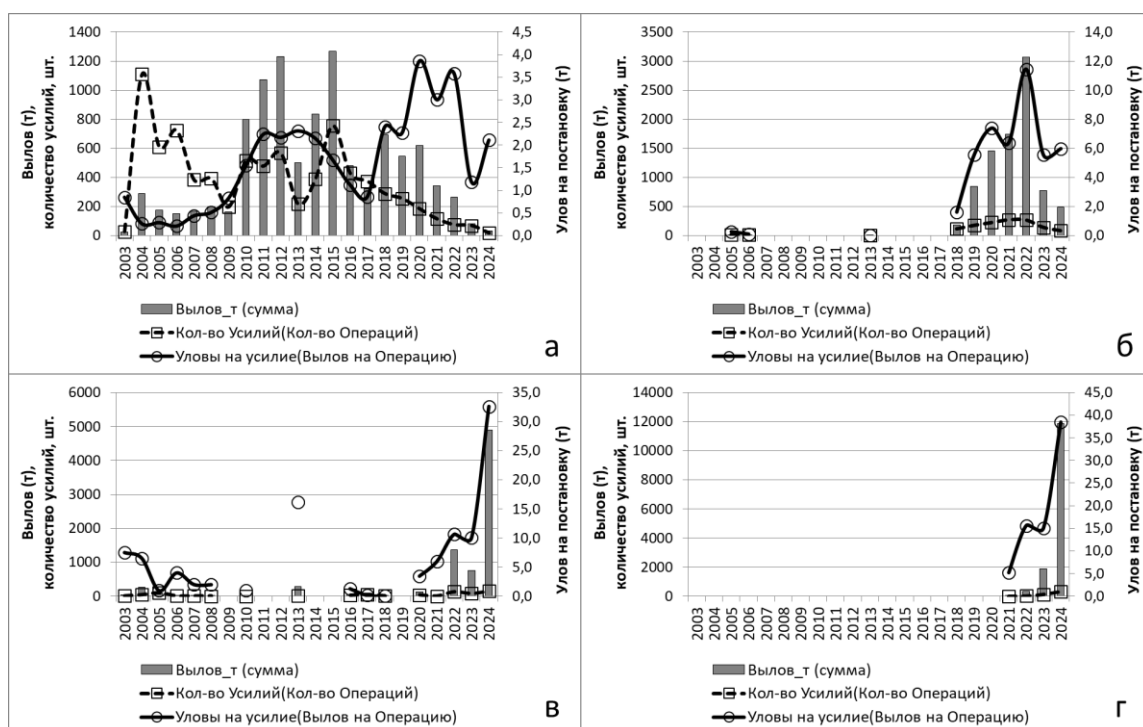


Рис. 165. Многолетняя динамика общего вылова (2003–2024 гг.), количества усилий и уловов на усилие для снюрреводного промысла судов типа МРС (а) и РС (б), а также разноглубинного промысла судов СТФ (в) и КТФ (г)

Динамика изменения ежегодного количества усилий (число постановок) МРС показывала тренд снижения в период 2004–2009 гг. После периода существенных скачков в 2010–2015 гг., этот параметр стал постепенно снижаться, достигнув в 2023 г. наименьшего показателя. Общий вылов вида непрерывно возрастал в период увеличения уловов на усилие с 2009 по 2012 гг. В 2013 г. его величина уменьшилась более чем в 2 раза (повлияло уменьшение количества усилий) и затем вновь стала нарастать, достигнув максимума в 2015 г. В 2016–2017 гг. годовой вылов МРС вновь заметно упал и, после кратковременного положительного тренда в 2018–2020 гг., продолжил снижение. Наблюдаемая нестабильность динамики общего улова МРС в 2010-е гг. могла быть обусловлена низкой

интенсивностью промысла, а также сменой доминантных поколений рыб в стаде. В последние годы происходила целенаправленная замена судов типа МРС типом РС, с последующим их замещением на суда типа СТР, СРТМ и БМРТ. Это отразилось на существенном увеличении общего годового вылова для судов СТФ и КТФ, и соответствующем сокращении для МТФ.

Методы прямого учета. Начиная с конца 1980-х гг., запасы северояпономорской популяции минтая имели отчетливо выраженную многолетнюю тенденцию снижения. В 1960–1970-х гг. запас этой популяции максимально достигал 700 тыс. т на начало года. В середине 1980-х гг. биомасса только придонного минтая у западных берегов о-ва Сахалин составляла до нескольких сот тысяч тонн. К концу 1990-х гг. доля минтая среди тресковых рыб, по нашим оценкам, снизилась более чем в 2 раза, а к 2003 г., по сравнению с 1980-ми гг., уменьшилась примерно в 26 раз. После этого установился минимальный уровень запасов, сохранявшийся полтора десятилетия.

В 2000-х гг. запасы северояпономорского минтая характеризовались невысокой нерестовой биомассой и слабой концентрацией икры в районах нереста (рис. 166). В 2005 г. икра минтая была отмечена всего на девяти станциях, а ее уловы варьировали от 2 до 28 шт./м². Средний улов составил 2,4 шт./м². Учетное количество икры в первой съемке составило 13,0–13,2*10¹¹ шт. Полученные величины были близки к оценке 2004 г. (12,67*10¹¹ шт.). С учетом общей численности икры, а также размерно-возрастного состава уловов производителей, индивидуальной плодовитости и соотношения полов, расчетная биомасса промыслового запаса составила в 2005 г. около 8,2 тыс. т. Схожими оказались величины промыслового запаса, полученные по данным весенних траловых съемок 2002–2005 гг. При возможной величине коэффициента уловистости трала для минтая на больших глубинах склона 250–600 м, равной 0,25, промысловый запас находился в пределах 6,1–8,3 тыс. т.

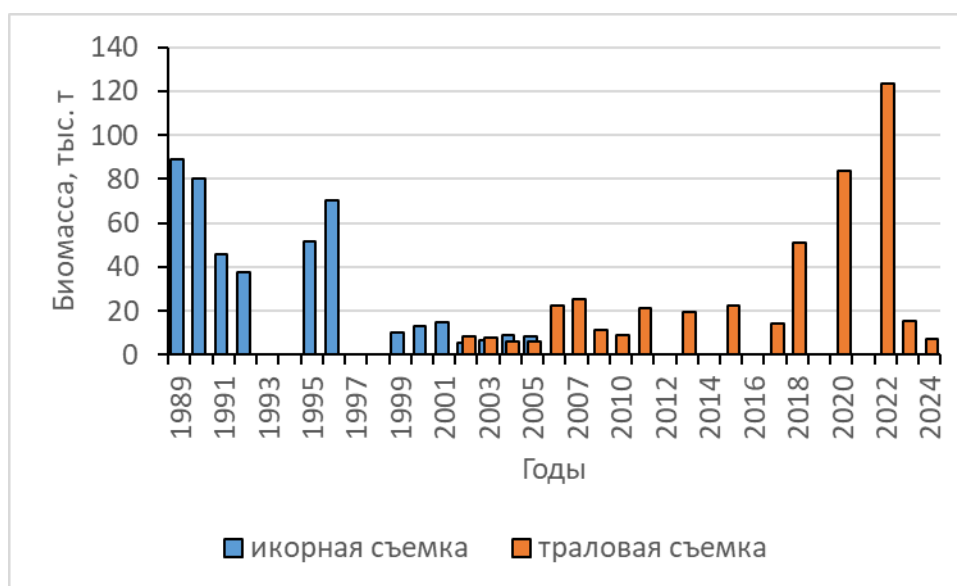


Рис. 166. Расчетная общая биомасса стада по данным учетных съемок

В 2006–2007 гг. величина промыслового запаса вида в Западно-Сахалинской подзоне поднялась до 22,6–25,1 тыс. т, что более чем в два раза превосходило оценки предыдущего пятилетия. В 2009–2010 гг. его величина снизилась до 9,1–11,2 тыс. т, что объяснялось естественной убылью и сменой доминантных групп в половозрелой части стада. В учетных съемках 2011–2015 гг. промысловый запас минтая вновь увеличился до 19,6–22,3 тыс. т. В 2017 г. он оказался ниже ожидаемого и равнялся по данным траловой съемки 14,3 тыс. т. В 2018 г. промысловая биомасса при стандартных коэффициентах уловистости достигла 51 тыс. т. В 2020 г. расчетная величина промысловой биомассы минтая в Западно-Сахалинской подзоне по совместной «ТИНРО» и «СахНИРО» учетной траловой съемке на НИС «Дмитрий Песков», определенная методом прямого учета, составила 84 тыс. т на момент съемки или 97,2 тыс. т на начало года. В 2022 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Владимир Сафонов», промысловая биомасса минтая увеличилась до 116,7 тыс. т, что указывает на продолжение современного тренда роста ресурсов вида в районе [О результатах донной траловой съемки ..., 2022]. В марте-апреле 2023 г. по результатам учетной съемки на НИС «Дмитрий Песков», промысловая биомасса минтая составила лишь 15,6 тыс. т, что объяснялось неудачным периодом проведения исследований, при общей нацеленности съемки на учет северной креветки. В эти месяцы рыбы только начинают совершать свои преднерестовые миграции на север вдоль больших глубин юго-западного склона о-ва Сахалин.

Таким образом, имеющаяся информация свидетельствует о том, что в зоне России в 1989–1990 гг. биомасса производителей составляла 80–89 тыс. т, в 1991–1996 гг. – снизилась до 40–70 тыс. т, а в 1999–2005 гг. популяция перешла на новый, катастрофически низкий уровень – менее 10,0 тыс. т. В 2006–2022 гг. уровень ресурсов минтая у западного Сахалина заметно возрос, что связано со вступлением в стадо ряда урожайных поколений, особенно 2006 г. рождения. В 2018–2022 гг. наблюдался существенный рост запаса, а в возрастной структуре стада доминировали рыбы 2014–2016 гг. рождения. Оценки вышеуказанных трех лет учета свидетельствовали о значительном увеличении ресурсов вида, а современная биомасса стада достигла уровня порядка 84–123 тыс. т. В последние 2 года учетные съемки показывают низкие оценки промысловой биомассы стада.

Запасы минтая у западных берегов о-ва Хоккайдо в 1987–1991 гг., по данным когортного анализа, выполненного японскими исследователями, составляли 722–868 тыс. т. С 1992 г. наметилось уменьшение его величины, приведшее к 2007 г. к примерной биомассе 89 тыс. т. В 2013 г. промысловая биомасса уменьшилась до 76,2 тыс. т. В последующие годы последовал рост ресурсов, с достижением в 2023 г. прогнозного уровня 153,0 тыс. т.

Динамика размерно-возрастных показателей минтая и данные учетных съемок показывают, что состояние популяции в начале 2000-х гг. было обусловлено чередой низкоурожайных поколений, появлявшихся на протяжении длительного промежутка времени [Ким Сен Ток, 2019].

В 2010-х гг. основу стада представляли последовательно поколения повышенной урожайности 2007–2008, 2010–2014 гг. рождения. Это продемонстрировали данные не только траловых учетных станций, но и структура снюрреводных промысловых уловов 2015 г. (рис. 167, 168).

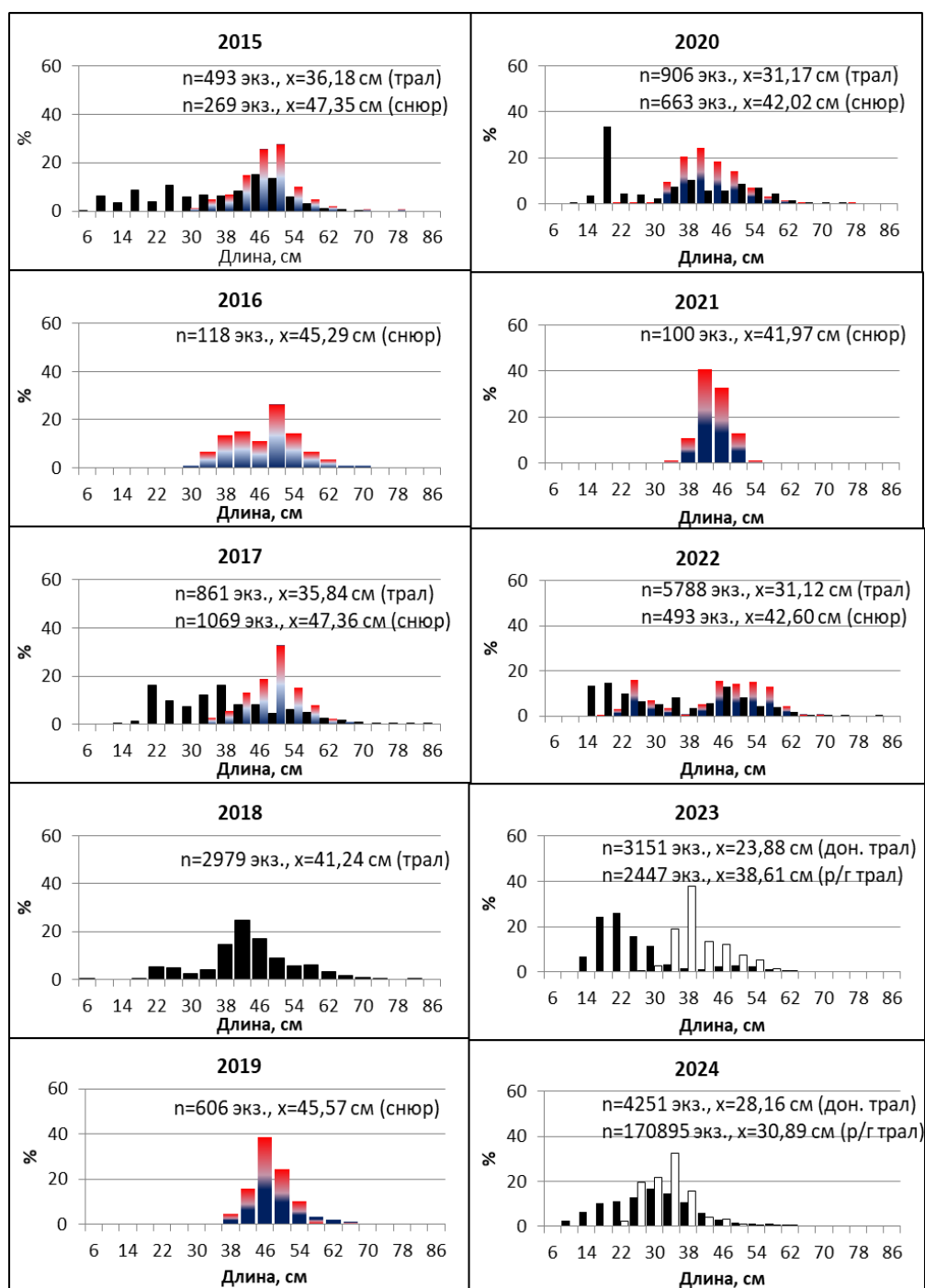


Рис. 167. Размерный состав минтая в Татарском проливе в 2015–2024 гг. (черные столбцы – донная траловая съемка, цветные – снюрреводный промысел, белые – разноглубинный трал)

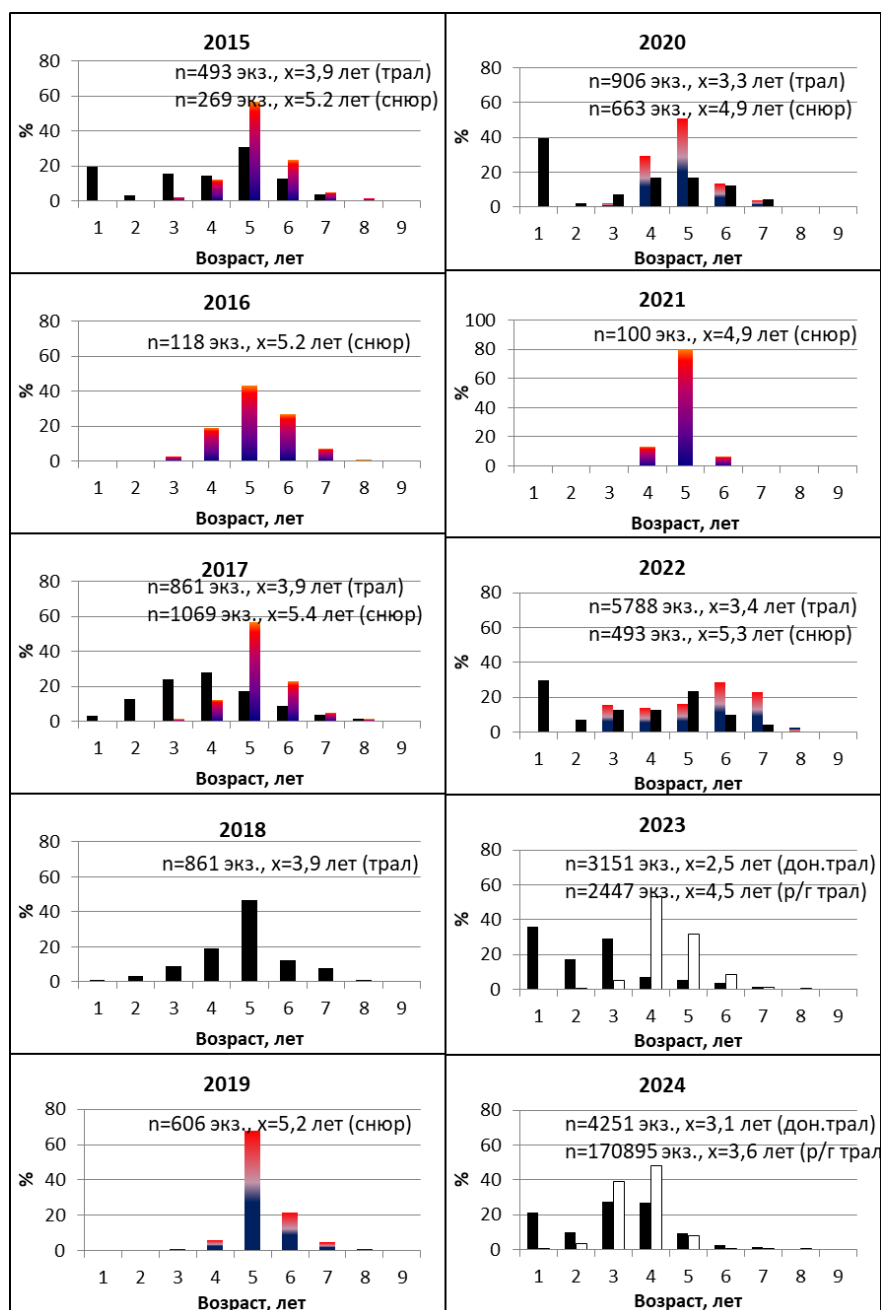


Рис. 168. Возрастной состав минтая в Татарском проливе в 2015–2024 гг. (черные столбцы – донная тралевая съемка, цветные – снюрреводный промысел, белые – разноглубинный трал)

В 2020-2021 гг. в траловых и снюрреводных уловах стали доминировать рыбы в возрасте 5 лет, т.е. поколения 2015-2016 гг. рождения. Вместе с тем, в учетной съемке 2020 г. выделялись своей численностью годовики, что указывало на возможность хорошего пополнения промыслового стада в ближайшей перспективе. В 2022 г. при отсутствии явно выраженного доминирующего поколения, структура стада сгладилась, а ее основу представляли 6-7 летки тех же 2015-2016 гг. рождения. В 2023 г. в промысловом стаде преобладали 4-летки 2019 г. рождения, при этом в уловах донного трала было отмечено уверенное доминирование сеголеток и 3-леток 2020 и 2022 гг. рождения. В 2024 г. доминантными группами стали

поколения 2020-2021 гг., а в донных уловах, наряду с ними, широко отмечались сеголетки. Информация 2015-2021 гг. указывала на высокую селективность промысла, при котором снюрреводами изымались преимущественно 5-летки, в то время как в траловой учетной съемке могли доминировать рыбы младшего возраста.

В целом, поколения 2015–2016, 2019-2022 гг., доминирующее положение которых в структуре стада было отмечено в 2020–2024 гг., можно считать среднеурожайными. В последние годы заметно изменилась структура стада, увеличилась численность младшевозрастных особей. На их фоне снижается доля рыб промысловых размеров. В ближайшей перспективе можно ожидать успешного пополнения стада поколениями 2020-2022 гг. рождения.

Метод когортного анализа. В качестве входной информации для модели использованы:

- матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 1 до 9 полных лет) и годам промысла (от 1990 до 2024 гг.);
- среднемноголетние значения массы, доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);
- мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам определений возраста по отолитам.

Стандартизацию ССД с 2004 по 2024 гг. провели в GLM по формуле (1) в языке программирования R [R Core Team, 2025], следуя методике, учитывающей индивидуальные различия по судам в дополнение к учёту различий по годам и месяцам [Bentley et al., 2011].

$$\ln(c_i) = \alpha_{y_i}^Y + \alpha_{m_i}^M + \alpha_{v_i}^V + \varepsilon, \quad (1)$$

где: $\ln(c_i)$ – натуральный логарифм i -го улова c_i в тоннах за 1 день по каждому судну из ССД, $\alpha_{y_i}^Y$ – коэффициент i -го года (y_i) из вектора соответствующих коэффициентов лет Y , аналогичны коэффициенты по месяцам (M) и кодам судов (V), ε – нормальная ошибка с математическим ожиданием на уровне общего смещения.

Настроенная GLM описала 56,2% девианса, составленных из 24,9% по $\alpha_{y_i}^Y$, 3,4% по $\alpha_{m_i}^M$ и 27,9% по $\alpha_{v_i}^V$. Ошибка коэффициентов лет находилась от 0,11 до 0,17, а в среднем была ниже 0,14, но в первый год оценки (2024) с учётом общего смещения ошибка достигла 0,93, что можно признать малоинформативной оценкой. Коды месяцев имели большое влияние на стандартизацию (рис. 169), но максимальное влияние в GLM имели коды судов (рис. 170).

Согласно оценке влияния кодов судов в GLM, состав флота резко изменялся, особенно в последние годы. Например, CPUE без GLM завышают рост вылова на усилие, что отлично видно на графике последовательной стандартизации (рис. 171).

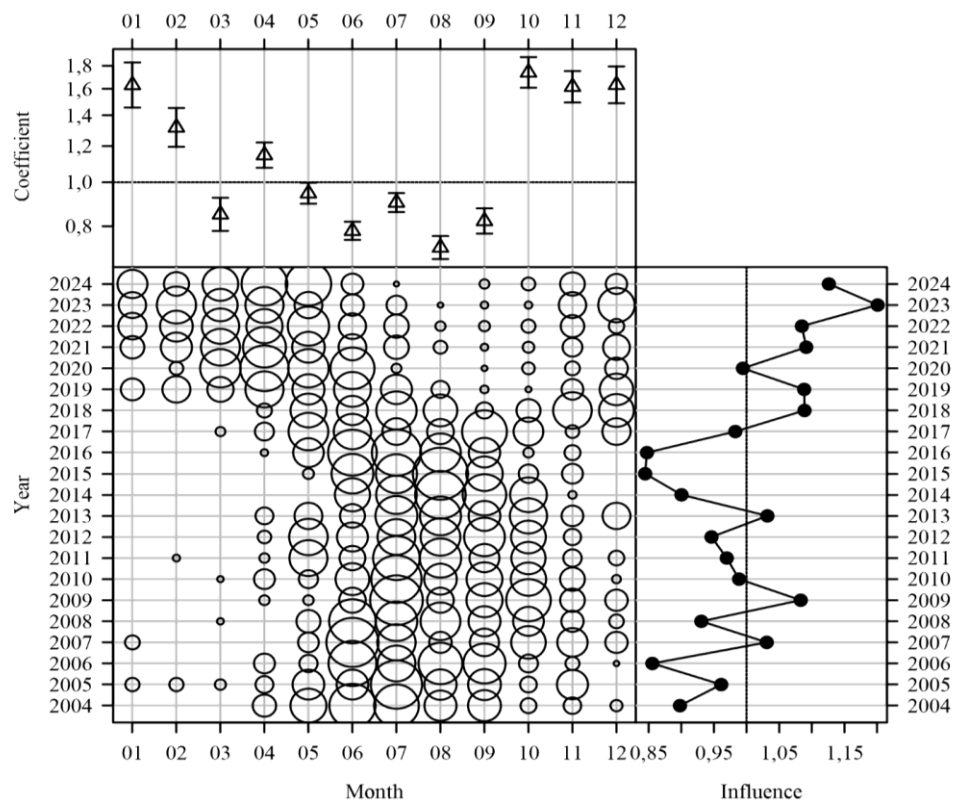


Рис. 169. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) месяцев (Month) в GLM по годам (Year)

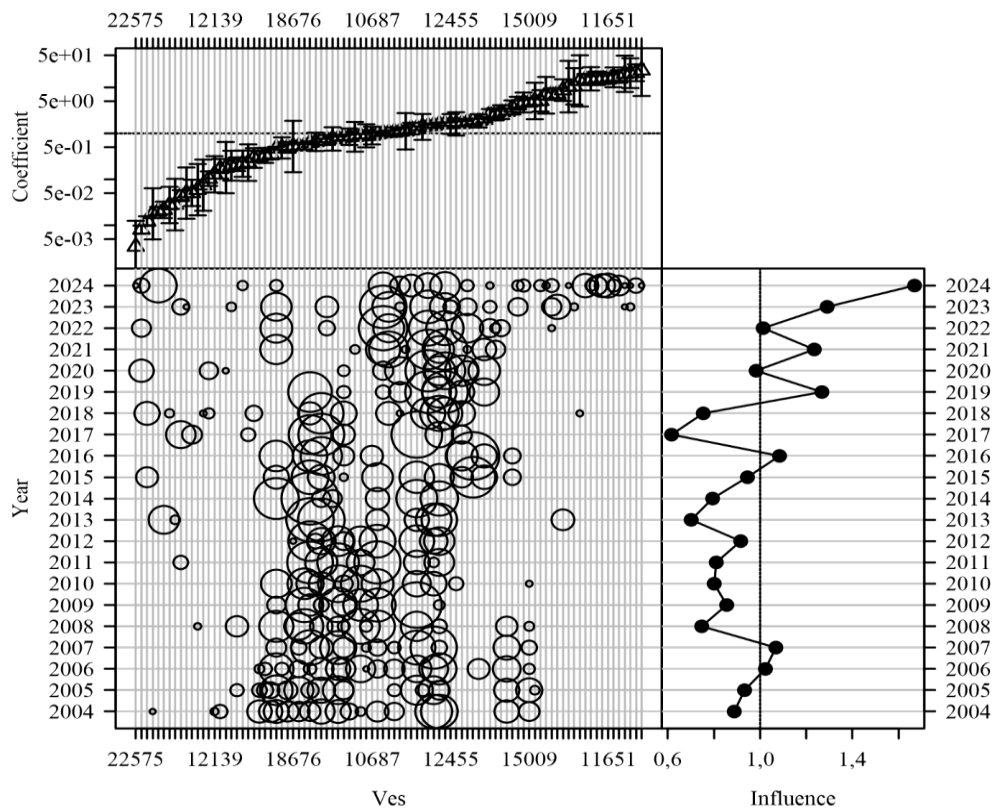


Рис. 170. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) кодов судов (Ves) в GLM по годам (Year)

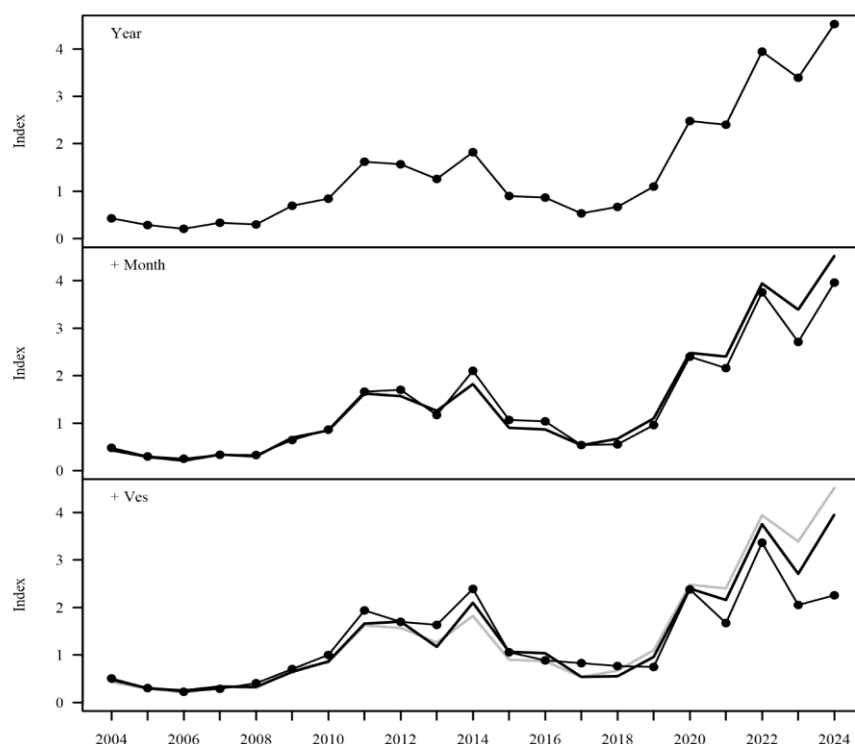


Рис. 171. Изменение оценок индексов (Index) по годам при добавлении таких факторов стандартизации как месяц (+ Month) и код судна (+Ves) в GLM

Корреляция с прежним индексом CPUE составила 0,695 (рис. 172). Это вызвано тем, что при подготовке данных для стандартизации по 2024 г. был удалён 1% экстремально высоких уловов (более 171 т/судосутки), а все остальные ССД оставлены. Например, есть ССД, в которых суточный улов минтая составил 1199,6 т, что явно является либо накопленным уловом за несколько суток, либо ошибкой подачи ССД. При подготовке данных по 2023 г. была произведена иная фильтрация: были выбраны уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судов типа МКРТМ, МмРС, МмРСТ, МмРТР, РС, СРТМ, СТР в 2003–2023 гг., вооружённых снюрреводами, донными и разноглубинными тралами.

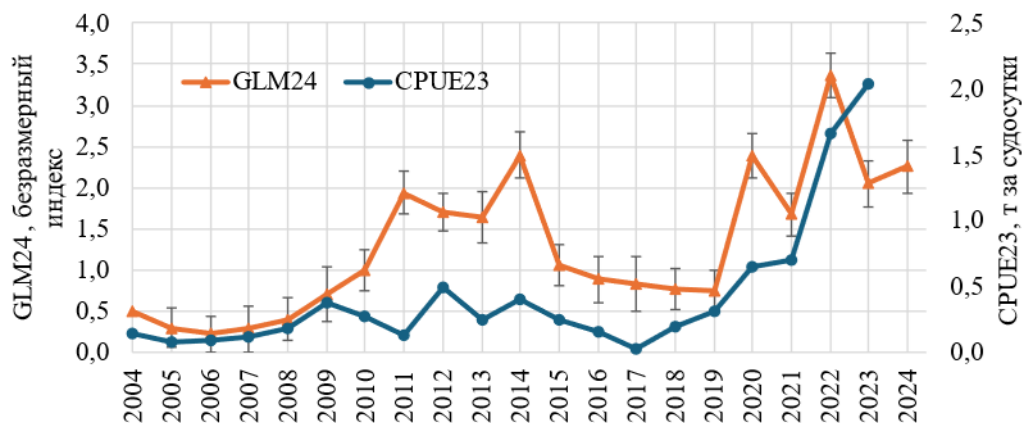


Рис. 172. Сравнение индексов CPUE по разным наборам данных до 2023 г. (CPUE23) и до 2024 г. (GLM24), с нормальным доверительным интервалом, показанным усами

Приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 требует проводить ретроспективный анализ – применение модельных расчетов с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, для доказательства устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности.

При последовательном укорачивании рядов наблюдений до 5 лет в прошлое был оценён показатель Боба Мона (ρ) [Mohn, 1999] с 2019 по 2023 гг. относительно терминальной настройки (2024 г.). Значимые отклонения в динамике нерестовой биомассы, требующие упреждающей коррекции, не были обнаружены (рис. 173), но промысловая смертность F с учётом новых данных систематически значительно занижалась (рис. 174). Следовательно, требуется пересмотр ориентиров управления.

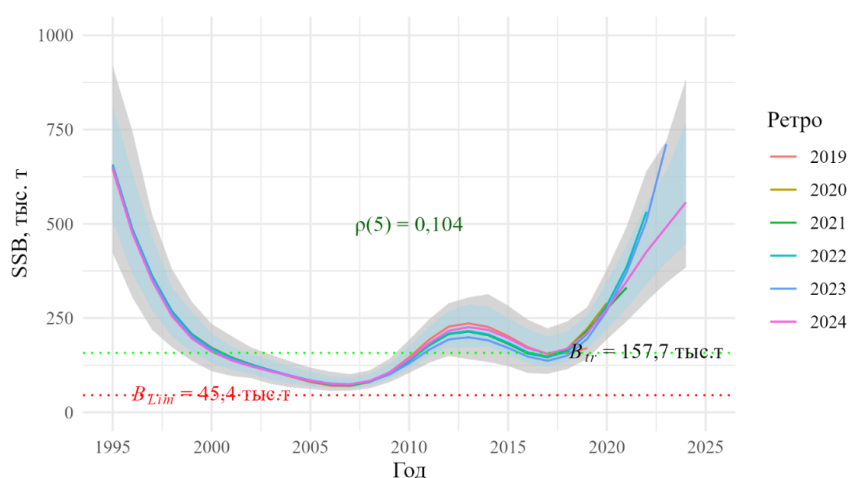


Рис. 173. Ретроспективный анализ нерестовой биомассы (SSB) в модели UKS для оценки состояния запаса минтая в Западно-Сахалинской подзоне, где серой заливкой показан доверительный интервал (С.И.) 95%, а синей С.И. 80% терминальной настройки (2024 г.)

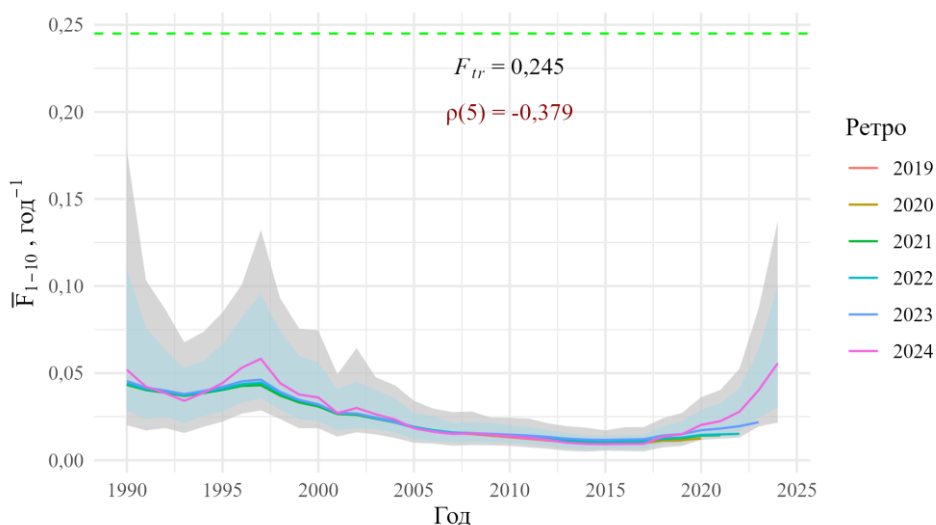


Рис. 174. Ретроспективный анализ промысловой смертности (F) в модели UKS для оценки состояния промысла или эксплуатации запаса минтая в Западно-Сахалинской подзоне, где серой заливкой показан С.И. 95%, а синей С.И. 80% терминальной настройки (2024 г.)

Терминальная настройка подошла к индексам также хорошо, как и по данным до 2023 г. (рис. 175).

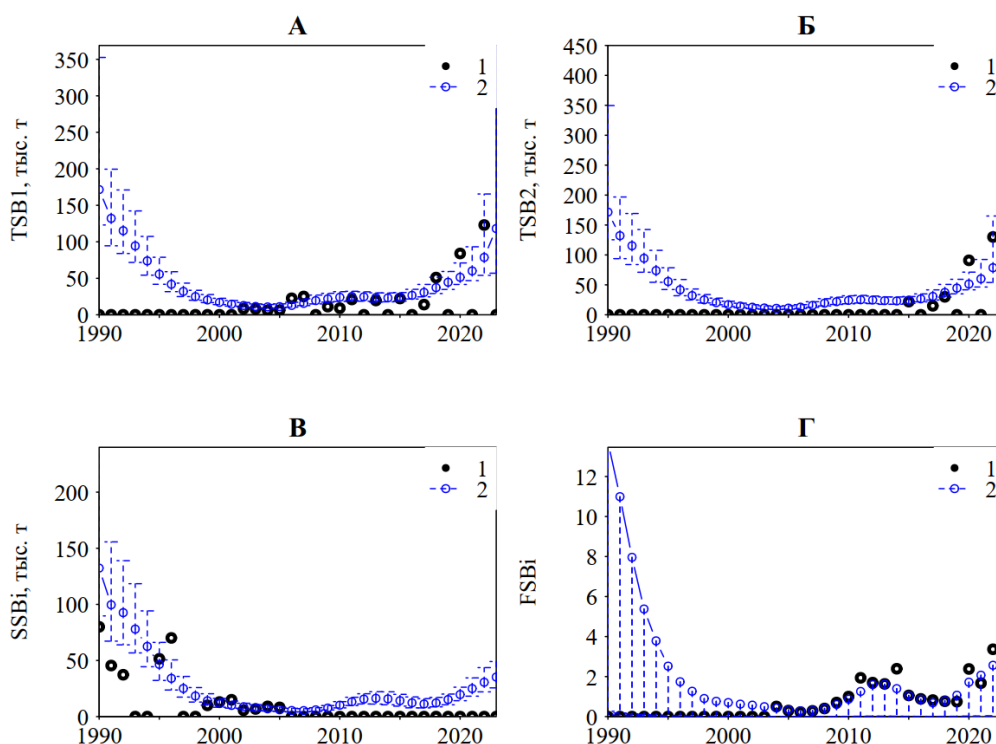


Рис. 175. Сравнение индексов (1) TSB из данных «СахНИРО» (А) и «ТИНРО» (Б), SSB (В) и FSB из GLM (Г) с модельными оценками UKS (2) с 90% доверительными интервалами

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления для когортной модели в пространстве были определены по результатам статистического моделирования методом Монте-Карло (табл. 36).

Таблица 36
Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров минтая в Западно-Сахалинской зоне

	2,5 %	5 %	25 %	50 %	75 %	95 %	97,5 %	Среднее	SE
F_{MSY} (Рикер), 1/год	0,100	0,120	0,194	0,245	0,297	0,358	0,380	0,243	0,072
F_{MSY} (Бивертон-Холт), 1/год	0,009	0,049	0,223	0,410	0,836	2,000	2,000	0,688	0,673
$F_{45\%}$, 1/год	0,656	0,673	0,739	0,803	0,887	1,055	1,114	0,824	0,121
$F_{40\%}$, 1/год	0,778	0,803	0,892	0,980	1,099	1,331	1,437	1,014	0,175
F_{med} , 1/год	0,002	0,006	0,020	0,059	0,116	0,217	0,259	0,079	0,073
B_{loss} , тыс. т	55,5	56,9	64,1	69,2	75,3	82,2	86,2	69,6	8,1
$B_{20.Bvir}$	98,0	101,0	123,1	153,0	196,5	277,7	309,8	168,2	67,8
$B_{25.Bvir}$	102,1	107,8	131,1	160,0	202,9	277,7	321,7	174,5	68,5
B_{MSY} (Рикер)	105,5	113,0	138,5	157,7	175,2	204,7	218,0	157,5	29,1
B_{MSY} (Бивертон-Холт)	2,7	15,1	38,3	45,4	50,7	71,4	82,1	42,8	28,8
$SSB(F_{med})$, тыс. т	360,2	369,6	464,9	580,1	716,3	1014,1	1115,0	611,3	193,3

Из числа указанных ориентиров в качестве целевого ориентира F_{tr} по промысловой смертности выбрали 50%-ый процентиль оценки F_{MSY} по Рикеру = 0,245 1/год.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали 50%-ый процентиль оценки F_{MSY} по Бивертону-Холту $= F_{Lim} = 0,410$ 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю.

В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе приняли значение, соответствующее целевому ориентиру $B_{tr} = SSB(F_{tr}) = 157,7$ тыс. т на кривой равновесной биомассы на рекрута при средней за 10 лет величине пополнения с 2013-2022 гг., т.е. без учёта последних 2 лет, когда пополнение имеет высочайшую ошибку (рис. 176). Граничный ориентир по нерестовой биомассе определили на уровне $SSB(F_{Lim}) = B_{Lim} = 45,4$ тыс. т.

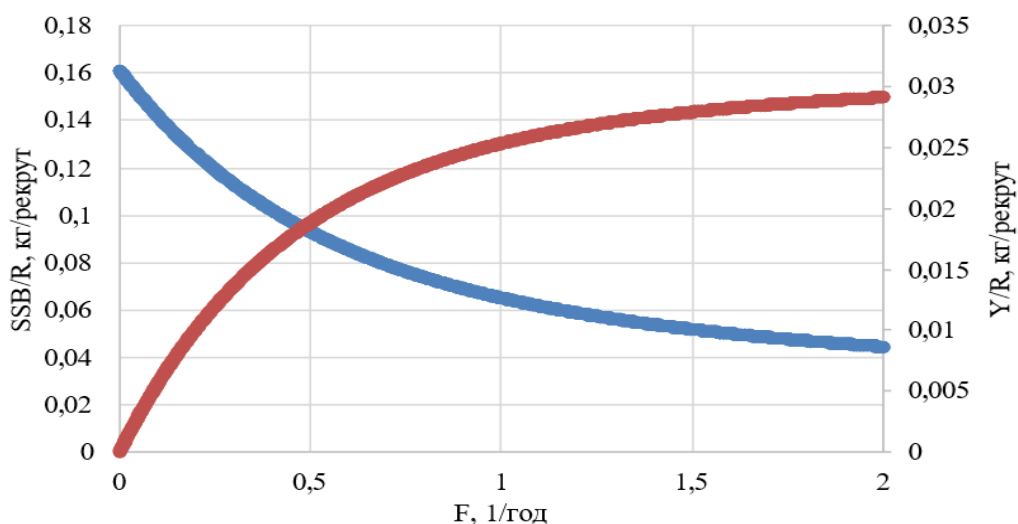


Рис. 176. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ПРП) определяется с целью эксплуатации запаса в безопасной зоне его состояния или в зоне постоянной интенсивности промысла.

Предлагаем кусочно-линейное ПРП, которое будет пропорционально снижать рекомендуемую долю изъятия запаса при снижении биомассы ниже целевого ориентира. Аналитическая форма кусочно-линейного ПРП выражается по зонам состояния запаса согласно следующим формулам [Методические рекомендации..., 2018]:

I – $F_i = 0$, при $B_i < B_{Lim}$,

II – $F_i = (F_{tr} - F_0) \cdot (B_i - B_{Lim}) / (B_{tr} - B_{Lim}) + F_0$, при $B_{Lim} < B_i < B_{tr}$,

III – $F_i = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$,

где: F_i – рекомендуемая в прогнозный год величина промысловой эксплуатации; B_i – величина запаса в прогнозный год, тыс. т; B_{Lim} – граничный ориентир по биомассе, тыс. т; F_{tr} – целевой ориентир по промысловой эксплуатации; F_0 – рекомендуемая эксплуатация для проведения научных исследований, пока роли не играет и равна 0; B_{tr} – целевой ориентир по биомассе, тыс. т.

Проверка корректности выбора F_{tr} проведена в результате анализа рисков в UKS, который показал, что выбранные целевые уровни F имеют нулевые риски перелова по пополнению.

Прогнозирование состояния запаса

Даже при вылове в 2025 г. 50 тыс. т, уровень F будет ниже F_{tr} (рис. 177), а последующая эксплуатация согласно ПРП не приведёт к перелову по пополнению, а вероятность $SSB < B_{tr}$ равна 0,6% в 2027 и 2028 гг. (рис. 178).

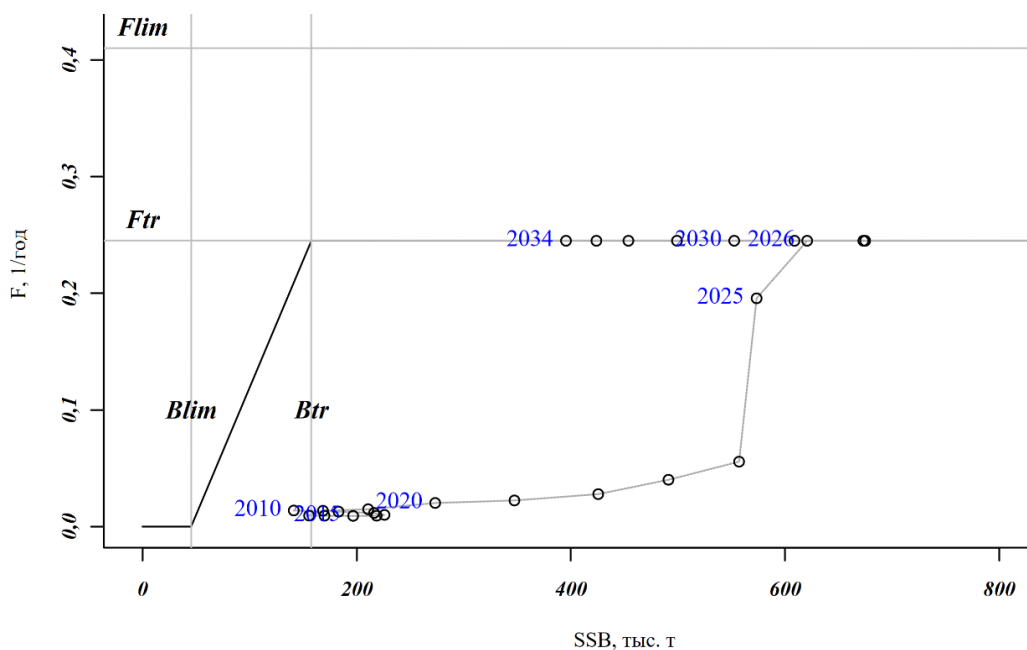


Рис. 177. Реализация ПРП при вылове в 2025 г. 50 тыс. т и последующей эксплуатации на целевом уровне, где SSB соответствует 25% вероятностной оценки

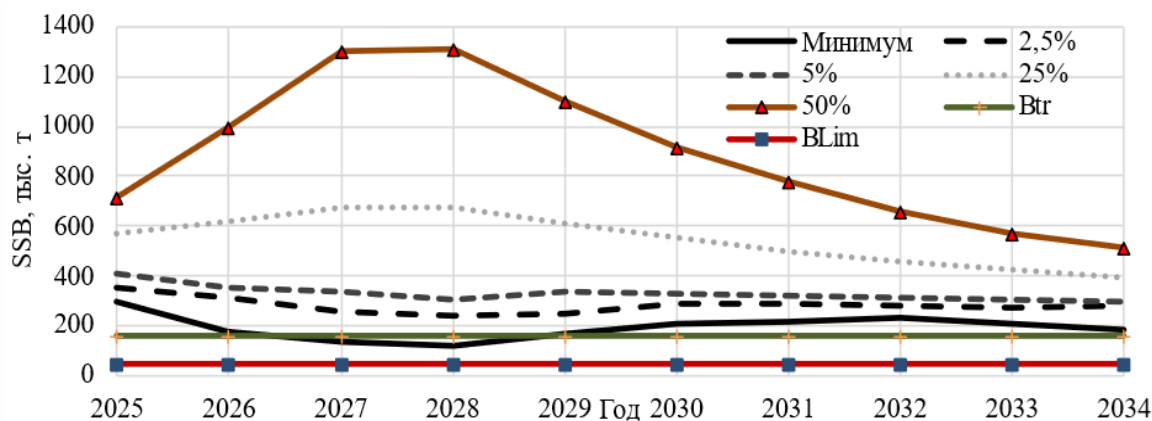


Рис. 178. Прогноз процентилей SSB в UKS при вылове в 2025 г. 50 тыс. т и последующей эксплуатации на целевом уровне

Вероятности рассчитаны методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949]. На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляли внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение.

Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляли с учётом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращённой вперёд когортной процедуры моделировали динамику запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций ($n=1000$) осуществляли статистическую обработку полученной выборки.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперёд использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. соответствует предполагаемому улову, равному 50 тыс. т. Коэффициенты селективности — средние за последние 10 лет значения. В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность двухгодовиков, не включая последние 2 года, т.е. за период 2013–2022 гг., равную 3,243 млрд экз.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы представлены в таблице 37. На начало 2025 г. медианная оценка нерестового запаса составила 718 тыс. т, а на начало 2026 г. — 992 тыс. т. Прогноз SSB выходит слишком оптимистичным из-за высокой доли молоди в уловах 2024 г. (более 80%), что ведёт к неопределённости оценки 2024 г. (рис. 179) и прогноза с пиками SSB в 2027–2028 гг.

Таблица 37

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) в 2025–2026 гг. и возможного вылова (C) минтая в 2026 г. при улове 50 тыс. т в 2025 г.

	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Средний	SE
SSB(2025), тыс. т	355	408	573	718	981	1568	1766	838	541
SSB(2026), тыс. т	313	350	621	992	1754	3892	4956	1474	2663
C(2026), тыс. т	20,4	22,9	53,1	98,9	182,9	387,9	508,6	143,9	174,5

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Оценки нерестовой биомассы на начало 2026 г. соответствуют области эксплуатации восстановленного запаса. Согласно ПРП, рекомендуемое значение коэффициента промысловой смертности в 2026 г. составит $0,245 \text{ год}^{-1}$.

Величину вылова в прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}}, \text{ где:}$$

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — масса особей,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j -ой возрастной группы,

F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

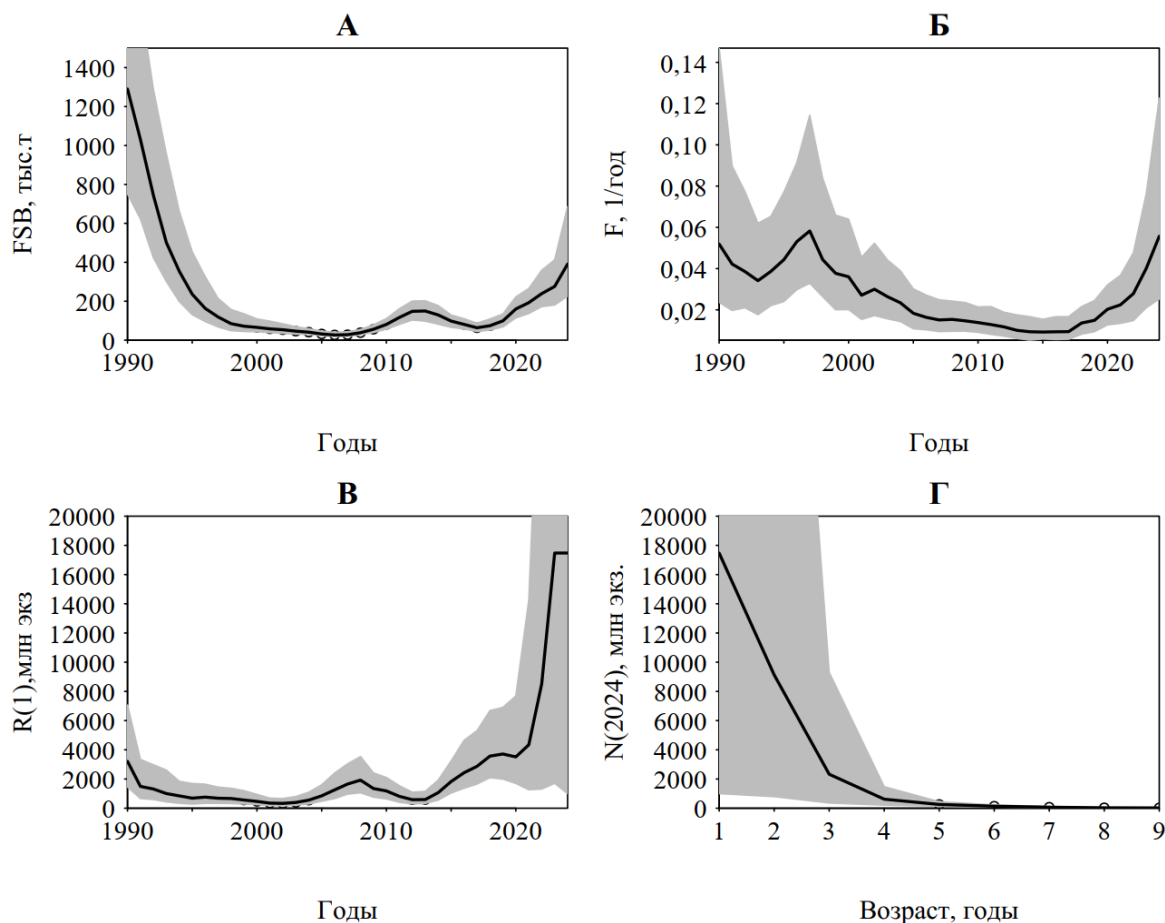


Рис. 179. Динамика промыслового запаса FSB (А), промысловой смертности F (Б), пополнения рыб в возрасте 1 год R (В) и терминальной численности N (Г) в UKS

Согласно точечному расчёту, оценка ОДУ в 2026 г. может составить 98,8 тыс. т. Однако, принимая во внимание то, что на оценку сильно повлияло аномально высокое пополнение последних 2 лет рекомендуем следовать предосторожному подходу и установить ОДУ между 25% и 50% его вероятного распределения, около 60 тыс. т (табл. 37).

Таким образом, рекомендуем установить **ОДУ минтая в Западно-Сахалинской подзоне в 2026 г. равным 60,000 тыс. т.**

Следование ПРП в UKS позволит сохранить положительную тенденцию по увеличению ОДУ до 2028 г. (рис. 180).

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперёд) SSB минтая не опустится ниже B_{Lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 181). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелома по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000]. Следовательно, стратегия управления приемлема.

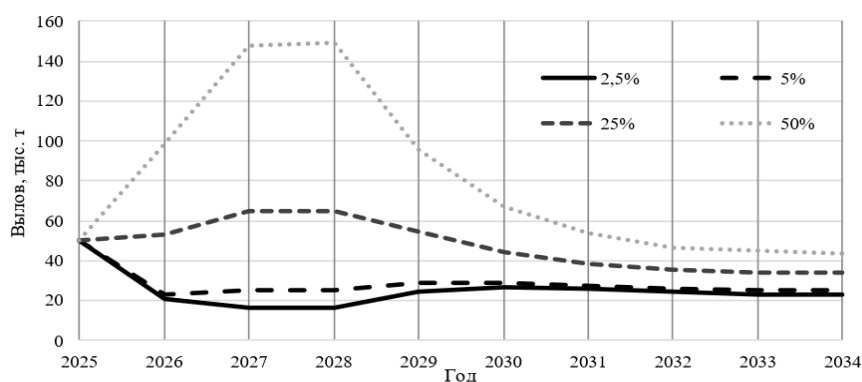


Рис. 180. Прогноз вероятного распределения уловов по ПРП в UKS, допуская вылов в 2025 г. с учётом вероятной корректировки ОДУ до 50 тыс. т

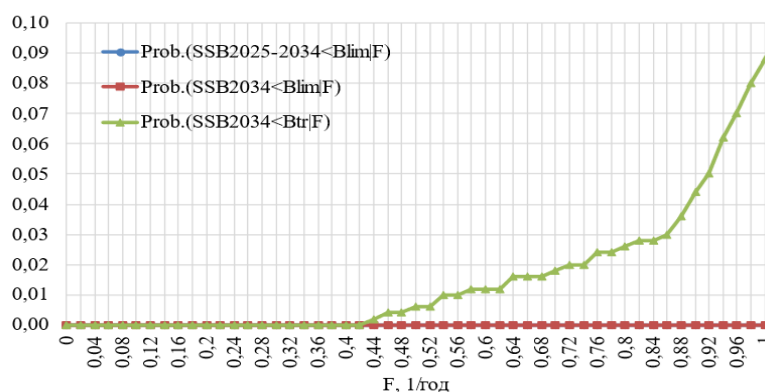


Рис. 181. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира в зависимости от уровня промысловой смертности

В рамках анализа рисков нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд методом Монте-Карло нашли вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелома по пополнению и по росту при рекомендуемой величине ОДУ минтая до 55 тыс. т, не превышают рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000] (рис. 182).

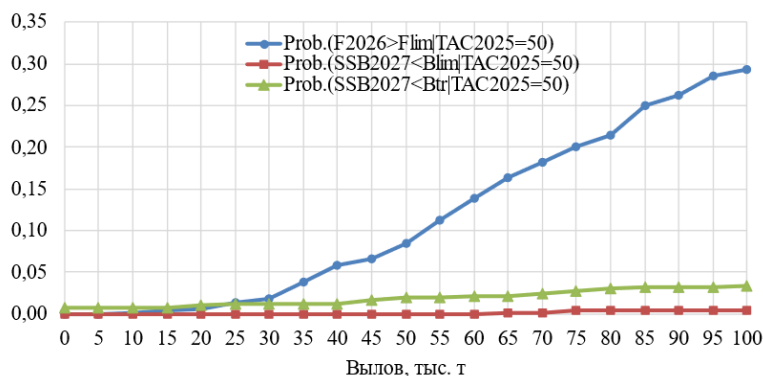


Рис. 182. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для минтая

Несмотря на то, что максимальные ошибки модели UKS наблюдаются в самых младших возрастных группах до 3 лет и их сцепленности во времени (рис. 183), в целом высоких сблокированных ошибок в промысловом запасе не наблюдается (рис. 184).

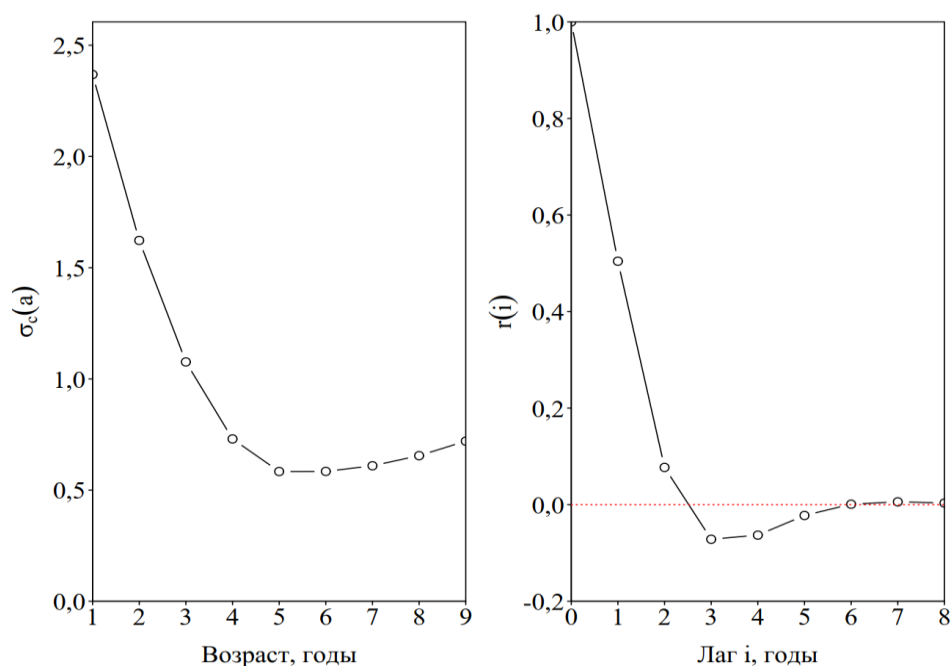


Рис. 183. Изменение стандартного отклонения ошибки наблюдения в уловах в зависимости от возраста рыб (слева) и автокорреляция AR2 (справа)

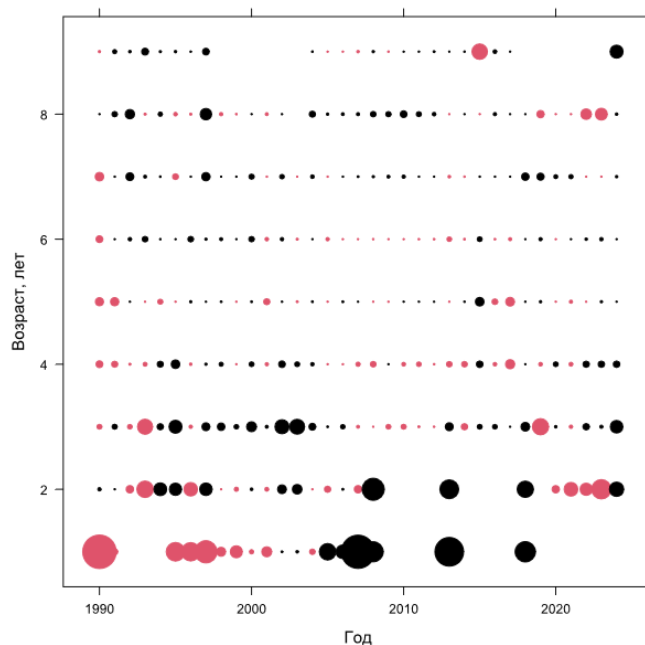


Рис. 184. Логарифмические невязки в UKS

Таким образом, анализ и диагностика полученной оценки ОДУ показали, что прогнозная величина ОДУ приемлема.

ТРЕСКА (*Gadus macrocephalus*)

67.01 - Зона Чукотская

61.01 - Зона Западно-Беринговоморская

Исполнитель: А.Б. Савин («ТИНРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Использованы материалы учётных съёмок, проведённых в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны) на исследовательских судах «ТИНРО» в 1999, 2001, 2002, 2005, 2008, 2010, 2012, 2014, 2015, 2017, 2019, 2020, 2021 и 2024 гг. Также привлечены материалы сборов биологов-наблюдателей, проработавших на ярусном промысле трески в 2004–2023 гг.

Промысловая статистика за период с 1999 до 2024 г. получена из Отраслевой системы мониторинга рыболовства. Доступны следующие данные по годам промысла с 1999 по 2024 гг.:

- матрица возрастного состава трески за период с 1999 по 2024 г. по возрастным группам с 1-го до 12-го года из уловов научных донных тралений. Расчёт возрастного состава выполнен в «ТИНРО».

- материалы возрастному составу ярусных промысловых уловов по годам за период с 2018 по 2023 гг. Расчёт возрастного состава также выполнен в «ТИНРО».

- средняя масса рыб по возрастам и годам промысла, а также среднемноголетняя доли половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанные с использованием результатов биологических анализов.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Запас трески за период с 1999-2024 гг. оценивается методом «СИНТЕЗ», алгоритм которого реализован в компьютерной программе «Methods» версии 3.06 – подготовленной в «КамчатНИРО» и параметрами когортной модели после настройки [Ильин, 2018]. По этой же программе получены ориентиры по биомассе трески (B) и её промысловой смертности (F), использованные в Правиле регулирования промысла (ПРП).

Мгновенный коэффициент естественной смертности (МКЕС) по возрастам предварительно рассчитан в процессе реализации вышеуказанной программы по методике Гулина-Руденко [Гулин, Руденко, 1973].

Прогноз состояния запасов и величина ОДУ выполнены по их экстраполяции по программе «ТАС», подготовленной «КамчатНИРО».

Ретроспективный анализ состояния запаса

Состояние запаса. Тихоокеанская треска является придонно-пелагическим преимущественно бореальным тихоокеанским видом. Батиметрический диапазон её обитания лежит в пределах от глубин менее метра до 600–800 м. Она распространена в северной части Тихого океана от Берингова пролива на юг по американскому побережью до Калифорнии и по азиатскому побережью почти повсеместно на указанных глубинах в Беринговом, Охотском и Японском морях.

На шельфе северо-западной части Берингова моря треска обитает почти повсеместно от района у м. Олюторский на северо-восток к м. Наварина. В Анадырском заливе она встречается в зависимости от сезона – в летне-осенний период, в разгар нагула – почти повсеместно, заходя в отдельные тёплые годы в северную его часть и в зал. Креста. Она также проникает и в Берингов пролив, а в отдельные тёплые годы – даже в Чукотское море. В зимне-весенний период – во время зимовки и нереста большая её часть опускается на внешний шельф и верхний отдел склона у м. Наварин и м. Олюторский, а также на отдельные участки Олюторско-Наваринского шельфа и склона. Некоторая её часть уходит на зимовку и нерест в американскую промысловую зону.

Летом в тёплые годы значительная часть трески в наших водах представлена мигрантами из восточной части моря.

Треска нерестится в январе–мае на внешней части шельфа и верхней части континентального склона на хребте Ширшова у м. Олюторский, на отдельных участках Олюторско-Наваринского шельфа и склона и, возможно – в районе м. Наварин. В заливах и бухтах в отдельные годы предполагается присутствие так называемой «прибрежной» трески – нерестящейся в них и не совершающей сезонных миграций на внешнюю часть шельфа.

Тихоокеанская треска в северо-западной части Берингова моря достигает длины 120 см, массы 20,7 кг. Наиболее старая треска имела 15-ти-годовой возраст при длине 103 см и массе тела 11,8 кг [Савин, 2023].

Треска обладает довольно быстрым темпом роста. По исследованиям в северо-западной части Берингова моря её годовики имеют средние длину и массу соответственно 17,5 см и 0,060 кг, 4-х-годовики – 49,8 см и 1,617 кг, 8-и-годовики – 81,5 см и 7,476 кг. На тринадцатом году жизни эти параметры составляют соответственно 96,0 см и 11,500 кг (рис. 1) [Савин, 2023].

Параметры зависимости Берталанфи для темпа размерного роста трески, рассчитанные по среднемноголетним данным (1999–2021 гг.) составили: $L_{\infty} = 111,993$; $K = 0,159$; $t_0 = -0,024$. Для темпа весового роста соответственно: $W_{\infty} = 14,006$; $K = 0,245$; $t_0 = 1,221$.

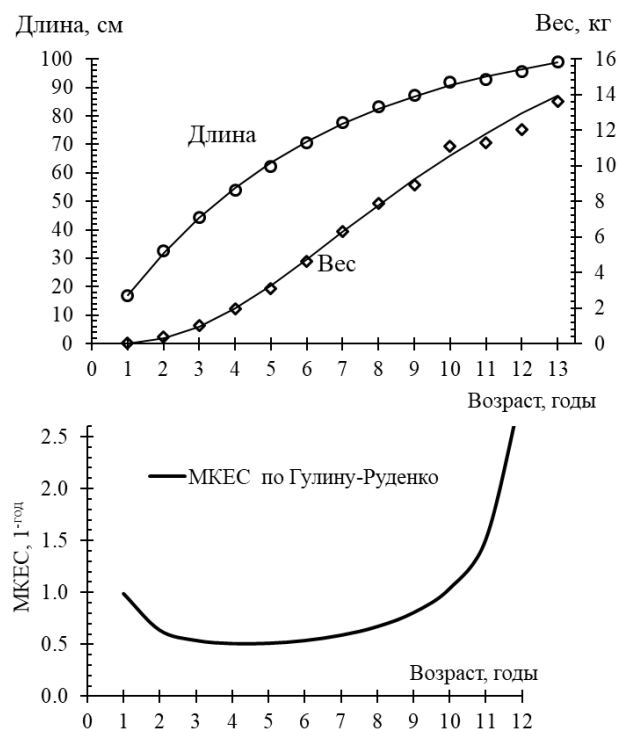


Рис. 1. Среднегодовое (1999–2024 гг.) темпы роста (А) и зависимости мгновенного коэффициента естественной смертности (МКЕС) (Б) в скоплениях трески северо-западной части Берингова моря

В рассматриваемом районе треска впервые начинает созревать в среднем на третий – четвёртый год жизни при длине тела 35–45 см и массе 1,0–1,8 кг. Возраст массового созревания по среднегодовым данным (1999–2024 гг.) равняется 4,4 года. Согласно построенной таким образом зависимости, если на начало четвёртого года половозрелыми были 36% особей, то с пятого по десятый год их доля увеличивалась с 72% до близкой к 100%.

Соотношение полов в скоплениях обычно близко 1:1 с незначительным смещением в пользу самок.

МКЕС зависит от возраста. Он является наименьшим для 4-х-годовиков, составляя 0,508, притом, что у годовиков он равняется 0,989, а у 11- и 12-годовиков соответственно 1,513 и 2,9527 [1/год].

Размерный состав уловов трески зависит от орудия лова, районов и сезонов промысла. По результатам наших исследований, самая малоразмерная треска, средней длиной 42,0 см, обычно добывается снюрреводами (рис. 2). Суда с этими орудиями лова, как правило, работают только в тёплый период года на малых глубинах вблизи олюторско-наваринского побережья, а также в юго-западной части зал. Анадырский именно в местах, в которых нагуливается молодь. Здесь она может также прилавливаться на промысле камбал и других донных объектов. Согласно расчётам среднего по 2012 и 2019 гг. размерного состава снюрреводных уловов, треска промысловых размеров – особей больше промысловой меры, составляет 48,0% по численности и 82,7% по биомассе.

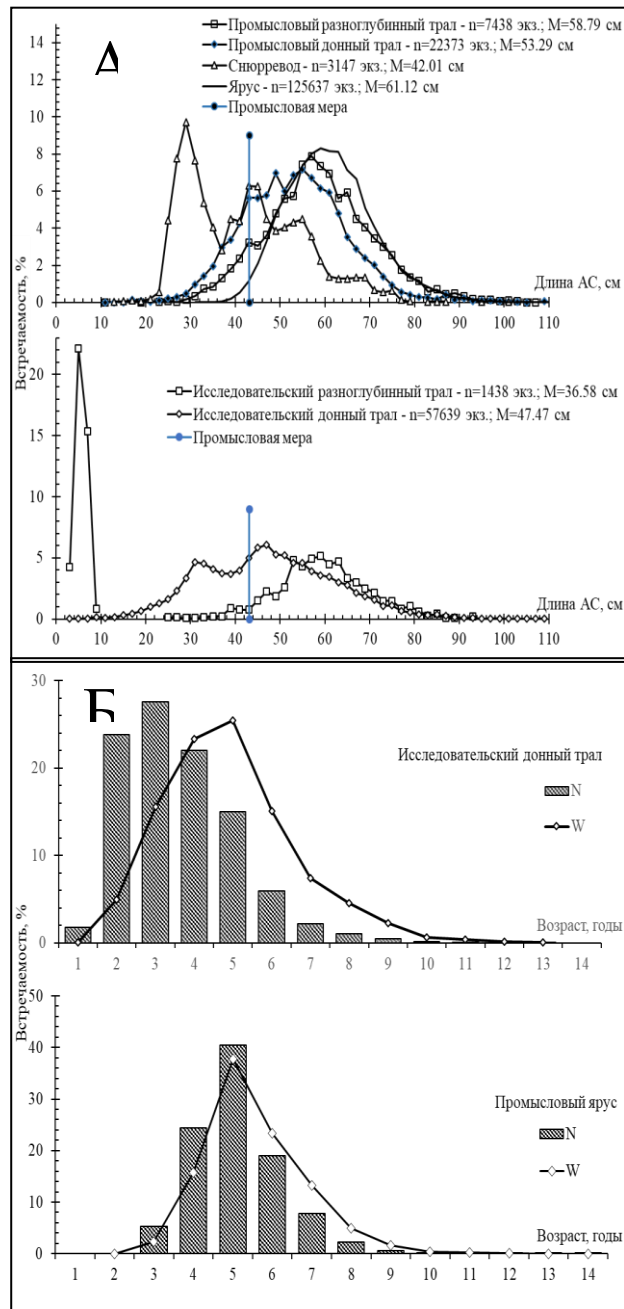


Рис. 2. Среднегодовалый размерный (А) и возрастной (Б) составы трески, выловленной различными орудиями лова в северо-западной части Берингова моря в 1999-2024 гг.: n – количество исследованных экземпляров; M – средняя длина; N – возрастной состав по численности; W – возрастной состав по биомассе

Промысловым донным тралом облавливаются треска в основном в начале года – в период нереста. С середины мая и до конца года её специализированный промысел не ведётся, но она прилавливается в сравнительно небольших количествах на добыче других донных объектов. Средняя длина из его уловов составляет 53,3 см. Среднегодовалая часть особей промысловых размеров в уловах этого орудия составляет 83,4% по численности и 95,5% по биомассе.

Промысловым разноглубинным тралом облавливаются ещё более крупная треска, имеющая средний размер 58,8 см. Её лов ведётся также в основном до середины мая. После чего она прилавливается в незначительных количествах на добыче минтая. Более крупные размеры тела в уловах разноглубинного трала по сравнению с донным, объясняются особенностями поведения старшевозрастной трески, которая чаще поднимается в пелагиаль или обитает на сравнительно больших, чем молодь, глубинах. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах этим орудием составляет 92,1% по численности и 98,3% по биомассе.

Ярусом облавливаются наиболее крупная треска: её средний размер составляет 61,1 см. Преимущественный лов крупной старшевозрастной трески объясняется особенностями работы этой крючковой снасти. Среднемноголетняя часть особей промысловых размеров в уловах ярусов составляет 99,2% по численности и 99,8% по биомассе.

Треска в среднемноголетнем улове исследовательского донного трала во время проведения траловых съёмок имела длину от 3 до 110 см при среднем значении, равном 47,5 см. Её основу (85,7%) образовывали особи длиной 26–68 см. В уловах исследовательского разноглубинного трала треска имела длину от 3 до 94 см при средней длине 36,6 см. Её основу образовывали особи двух размерных групп: молодь длиной 3–8 см (41,7%) и более крупные особи длиной 46–72 см (46,0%).

Уловы научного донного трала включают в себя возрастные группы трески от годовиков до 11-годовиков, в редких случаях – до 12- и 13-годовиков при модальных группах по численности от 2- до 5-годовиков. В среднемноголетнем составе основу по численности – 88,4%, образовывают возрастные группы от 2- до 5-годовиков, а по биомассе – 86,9% – от 3- до 7-годовиков.

Ярусами облавливаются более крупная треска: от 3- до 12-годовиков при модальной группе по численности, образованной обычно 4-х или 5-годовиками. Основу её численности занимают особи в возрасте от 4- до 6-годовиков (83,8%), а биомассы – от 4- до 7-годовиков (90,2%).

В качестве исходного материала для расчётов динамики запасов трески выбран возрастной состав уловов донного исследовательского трала. Это связано с несколькими причинами. Во-первых, по сравнению с уловами из промысловых орудий лова он охватывает наибольший диапазон возрастной и размерной шкал. Во-вторых, в нём хорошо представлена молодь длиной менее 38 см и в возрасте годовиков и 2-годовиков, что позволяет прогнозировать уровень пополнения промыслового стада на ближайшие годы. В-третьих, возрастные ряды уловов донного исследовательского трала наиболее хорошо представлены в нашей коллекции по годам промысла с наименьшим количеством лет пропусков [Савин, 2023].

При выявлении урожайных поколений следует иметь в виду, что в период с 2018 по 2021 гг. наблюдалось значительное вторжение трески из восточной части Берингова моря. Какая именно часть облавливаемых в эти годы особей была местного происхождения, а какую составляли мигранты,

неизвестно. В 2022–2024 гг., судя по значительному снижению показателя улова на усилие, численность пришедшей трески заметно уменьшилась. В этих годах траловых съёмок российской части Берингова моря не проводилось и, следовательно, на результаты расчётов урожайности значительное влияние оказала восточноберингоморская треска.

Возрастной состав трески из уловов донного исследовательского трала указывает на формирование урожайных поколений со сравнительно высокой долей отдельной возрастной группы (рис. 3А).

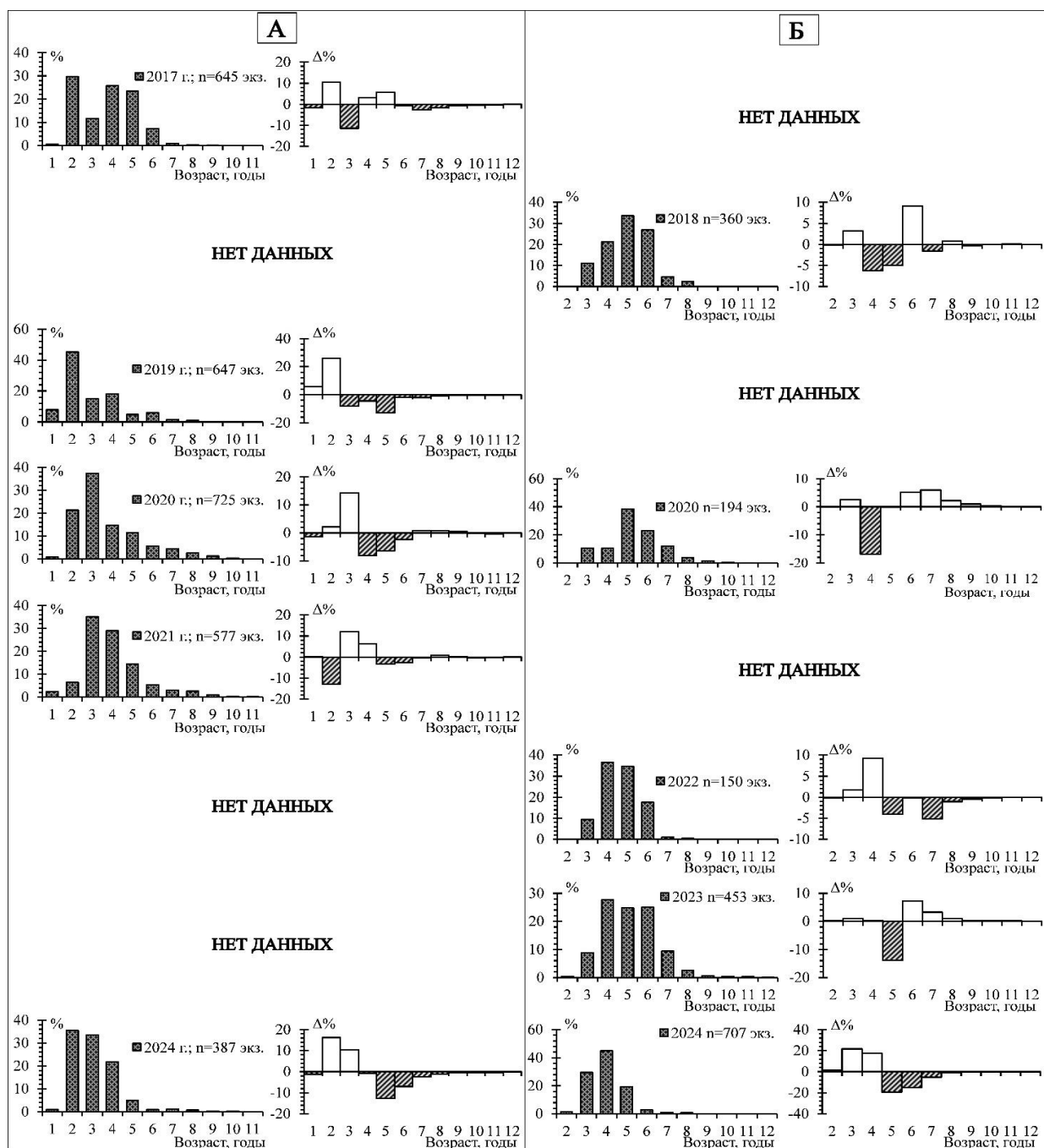


Рис. 3. Возрастной состав трески и его годовые аномалии (кривые Сунда) в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) из уловов: А – донных траловых съёмок: среднемноголетняя оценка за 1999–2024 гг.; Б – ярусных ловов: среднемноголетняя оценка за 2004–2024 гг.

Так, поколение 2017 г. рождения, являвшееся – 2-годовиками в 2019 г. и 3-годовиками в 2020 г., составило значительную долю 4-годовиков в возрастном составе 2021 г. В 2021 г. отмечена сравнительно высокая доля 2- и 3-годовиков соответственно 2019 и 2018 гг. рождения. К 2024 г. их численность значительно снизилась и оказалась существенно ниже средней. В этом же году на фоне значительного снижения общей численности нагульной трески, проявились сравнительно высокочисленные 2- и 3-годовики соответственно 2022 и 2021 гг. рождения. Появившееся в 2020 г. неурожайное поколение годовиков 2019 г. рождения отмечено неурожайным и в 2021 г. как 2-годовики и 2024 г. как 5-годовики.

Данные по возрастному составу ярусной трески (рис. 3Б) только для 2020 г. позволяют сравнить их с возрастным составом трески из донных тралов. В обоих случаях выявились поколения сравнительно низкой численности: 4- и 5-годовики соответственно 2016 и 2015 гг. рождения. В 2023 г. сравнительно низкую численность имели 5-годовики 2018 г. рождения.

Таким образом, по результатам исследования изменчивости возрастного состава трески в 2026 г. промысловое стадо будет формироваться возрастными группами 4- и 5-годовиков 2022 и 2021 гг. рождения, имеющих численность выше средней, а также более старших возрастных групп сравнительно низкой численности. О численности поколения 2023 г. рождения, являющегося годовиками в 2024 г. пока говорить рано, поскольку оно только начало пополнять промысловое стадо.

По результатам расчётов величины нерестовой биомассы (SSB) когортным методом по программе SYNTHESIS начиная с 2001 до 2005 гг. происходил её быстрый рост соответственно со 145,9 тыс. т до 518,6 тыс. т (рис. 4А). В последующие годы он замедлился и к 2013 г. составил 645,9 тыс. т. Затем последовало новое увеличение к 2017 г. до рекордных 1524,5 тыс. т. К 2023–2024 гг. последовал значительный спад до соответственно 286,5–233,6 тыс. т. К 2026 г. ожидается небольшой рост запасов до 252,1 тыс. т.

Сходные тенденции изменчивости оценок запасов получены и по результатам донных траловых съёмок. Если в 1999–2002 гг. они колебались в пределах 63,4–110,6 тыс. т, а в 2004–2012 гг. выросли до 314,4–653,8 тыс. т, то с 2015 по 2017 г. произошёл их значительный рост соответственно с 814,3 до 1227,3 тыс. т. Но с 2019 по 2021 гг. последовал спад: соответственно с 1107,8 до 270,4 тыс. т. К 2024 г. снижение продолжилось до 111,8 тыс. т.

Подобные тенденции наблюдались и с динамикой параметра улова трески на единицу промыслового усилия. В 1999–2009 гг. он колебался в пределах в пределах 3,2–6,6 т/судосутки. Затем, к 2019 г. произошло увеличение до рекордных 14,2 т/судосутки. К 2023 и 2024 гг. происходило быстрое уменьшение этого показателя: соответственно до 5,3 и 5,4 т/судосутки.

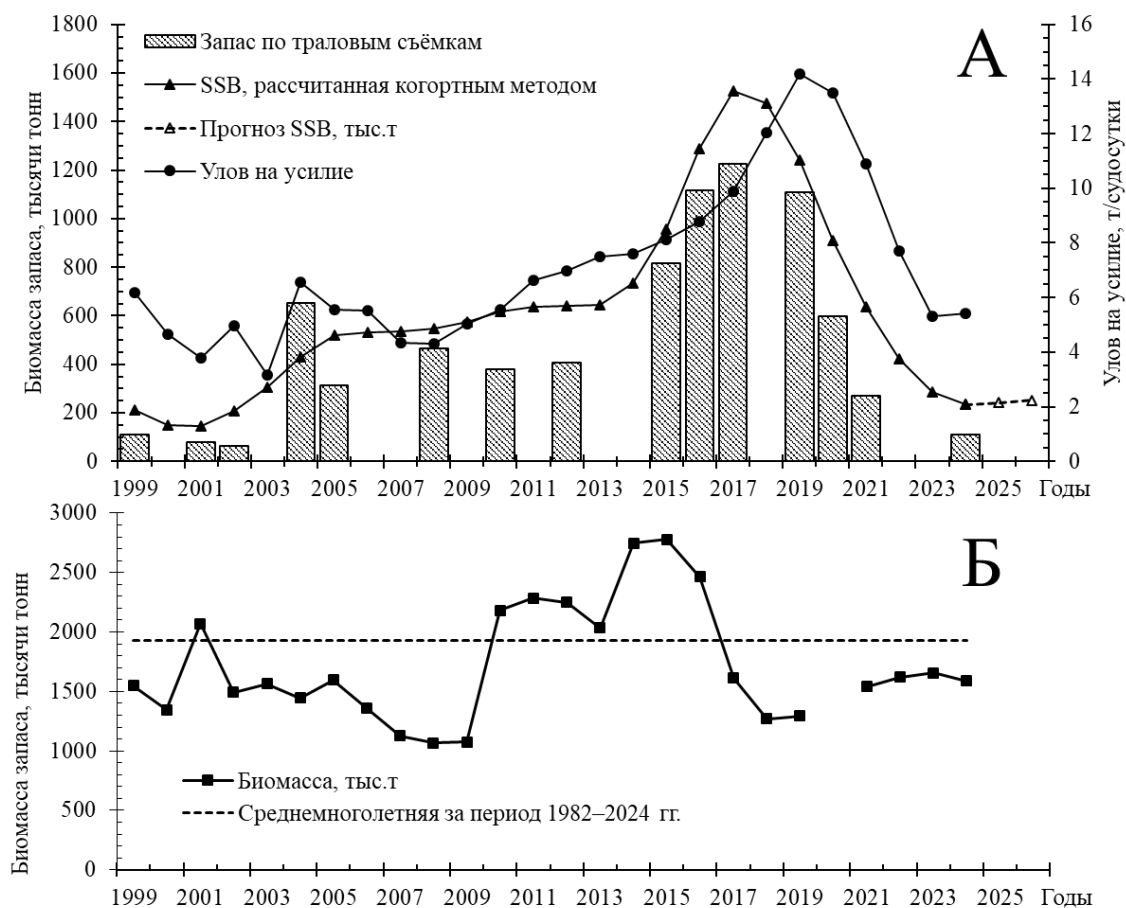


Рис. 4. Сравнение динамик показателей, рассчитанных различными методами и характеризующих состояние запасов трески в Беринговом море: А – северо-запад моря [наши данные]; Б – юго-восток моря (американская зона) [Barbeaux et al., 2024], $K_y=0,4$

Биомасса запаса трески в американской экономической зоне Берингова моря – в юго-восточной его части по результатам американских донных траловых съёмок 1999–2024 гг. колебалась в пределах 1068,6–2780,0 тыс. т при среднегодовой за период 1982–2024 гг., равной 1928,2 тыс. т [Barbeaux et al., 2024]. Необходимо оговориться, что американские специалисты при расчётах используют коэффициент уловистости (K_y), равный 1,0. В России же применяется $K_y=0,4$. То есть, для сравнения с нашими данными представленные американские данные были разделены на 0,4 (рис. 4Б).

Максимальной биомассы (2780,0 тыс. т) летние распределения трески в юго-восточной части моря достигли в 2015 г. После этого последовал спад до 1268,3 тыс. т в 2018 г. и сравнительно незначительный подъём до 1657,7–1589,6 тыс. т соответственно в 2023 и 2024 гг. Таким образом, запасы восточоберингоморской трески в настоящее время заметно ниже среднегодового уровня.

Следует выделить четыре основных причины, влияющие на динамику запасов трески в северо-западной части берингоморского шельфа:

1. Урожайность поколений трески, образующей промысловое стадо;

2. Состояние запасов трески в американской зоне, откуда она может мигрировать в российские воды на нагул;

3. Количество мигрантов трески из восточной части моря в зависимости от океанологических условий обитания и, в частности, годовых флюктуаций площади акватории Лаврентийских холодных водных масс зимнего происхождения (ЛХВМ);

4. Донный траловый промысел на нерестилищах трески в период нереста и инкубации донной икры трески в феврале–марте.

Рассмотрим подробнее каждую из них. При анализе урожайности поколений трески северо-западной части Берингова моря, исходя из динамик численностей младших возрастных групп, необходимо учитывать следующее. Во-первых, исходный возрастной состав трески получен летом в период нагула и, следовательно, в нём присутствует в том или ином количестве мигранты с востока моря. Из-за ежегодной изменчивости океанологических условий, подобные нагульные миграции восточной трески на западный шельф моря не носят регулярный характер. Выявленное таким образом урожайное поколение в будущем не всегда может проявиться в увеличении промыслового запаса. Во-вторых, пополнение промыслового стада молодью определённого поколения происходит в течение нескольких лет. Поколение, охарактеризованное как урожайное (средне- или низкоурожайное) на стадии годовиков, может в последующие годы перестать быть таковым.

Средняя численность годовиков в период с 1999 по 2024 гг., исключая экстремальное поколение 2011 года рождения, составила 776536 тыс. экз.; 2-годовики составили соответственно 288799 тыс. экз. и 3-годовики – 146549 тыс. экз. (рис. 5).

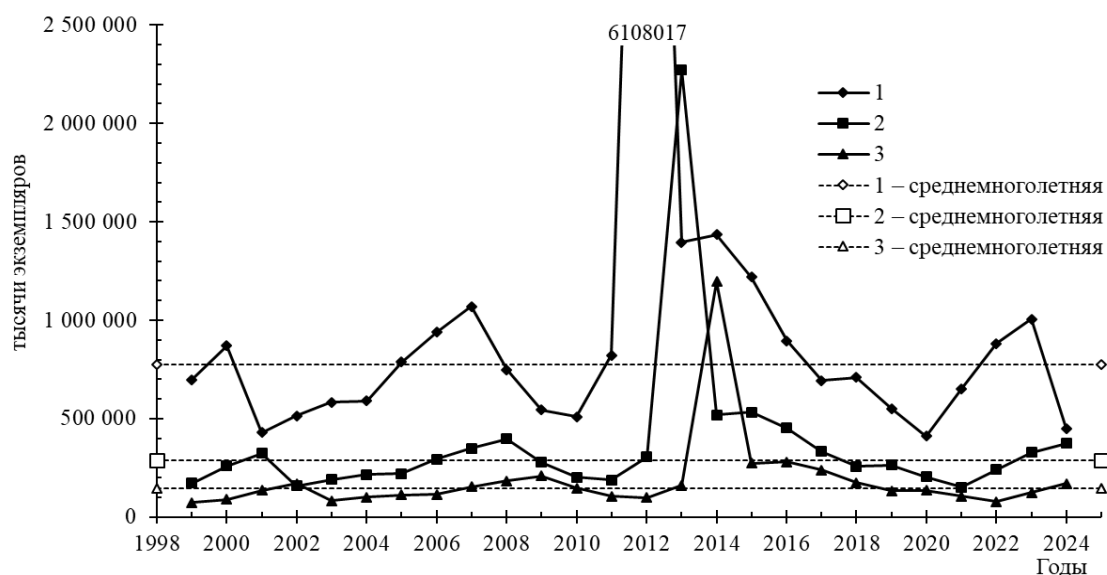


Рис. 5. Численность годовиков (1), двух- (2) и трёхгодовиков (3) трески в северо-западной части Берингова моря, рассчитанная по модели «SYNTHESIS»: среднее многолетние параметры рассчитаны без учёта экстремально высокой численности поколения 2011 г. рождения

К высокоурожайным отнесено поколение 2006 г. рождения, которое в 2007, 2008 и 2009 гг. было представлено соответственно годовиками, двух- и трёхгодовиками. В 2011 г. родилось экстремально высокоурожайное поколение, представленное в 2012, 2013 и 2014 гг. годовиками, двух- и трёхгодовиками. Значительные нагульные миграции восточноберинговоморской трески во второй половине 2010-х гг. также вызвали появление высокоурожайных поколений 2012–2014 гг., которые в 2013–2015 гг. были представлено годовиками. В последующие годы при общем снижении численности представителей младших возрастов отмечено появление поколений 2021–2022 гг. рождения, численность которых оказалась выше среднемноголетней. К относительно низкоурожайным поколениям отнесены все родившиеся начиная с 2016 по 2020 гг.

Выявленные поколения, урожайность которых оказалась заметно ниже среднемноголетней, вызвало значительное снижение запасов трески. Это связано, во-первых, с начавшимся похолоданием Берингова моря, наступившим в результате увеличения площади ледовитости, из-за чего уменьшился поток мигрантов на нагул с востока моря и во-вторых с донным промыслом трески на её нерестилищах в период нереста.

Здесь необходимо оговориться, что выделенные методом когортного анализа по расчётной численности младших возрастных групп урожайные или неурожайные поколения могут не совпадать с определением таковых поколений по кривым Сунда (рис. 3). Если расчёты когортным методом проведены по матрице, образованной численностью 12-ти возрастных групп за 26-летний период – с 1999 по 2024 гг., то на кривых Сунда рассматривается небольшой период в пять-семь лет, ограниченный сроком жизни возрастных групп, занимающих заметную долю в стаде. Обычно это группы от годовика (чаще – от 2-годовика) до 7-годовика (чаще – до 6-годовика).

Динамика площади акватории ЛХВМ в настоящее время является главной причиной, влияющей на динамику запасов нагульной трески в рассматриваемом секторе Берингова моря. Ранее в литературе уже описывалось ключевое влияние придонных холодных вод на структуру экосистемы этого моря [Андрияшев, 1939; Kotwicki, Lauth, 2013; Eisner et al., 2020; DeFilippo et al., 2023]. Как сообщалось ранее [Савин, 2021], большая площадь акватории ЛХВМ создаёт препятствие для миграций трески с юго-востока моря на его северо-запад. Напротив, её малая площадь или даже полное отсутствие не препятствует нагульным миграциям в этом направлении.

Акватория, занимаемая ЛХВМ, имела минимальные площади в 2018–2019 гг. [Kearney, 2022] – в периоды высокой численности трески летом на северо-западе моря (рис. 6-8).

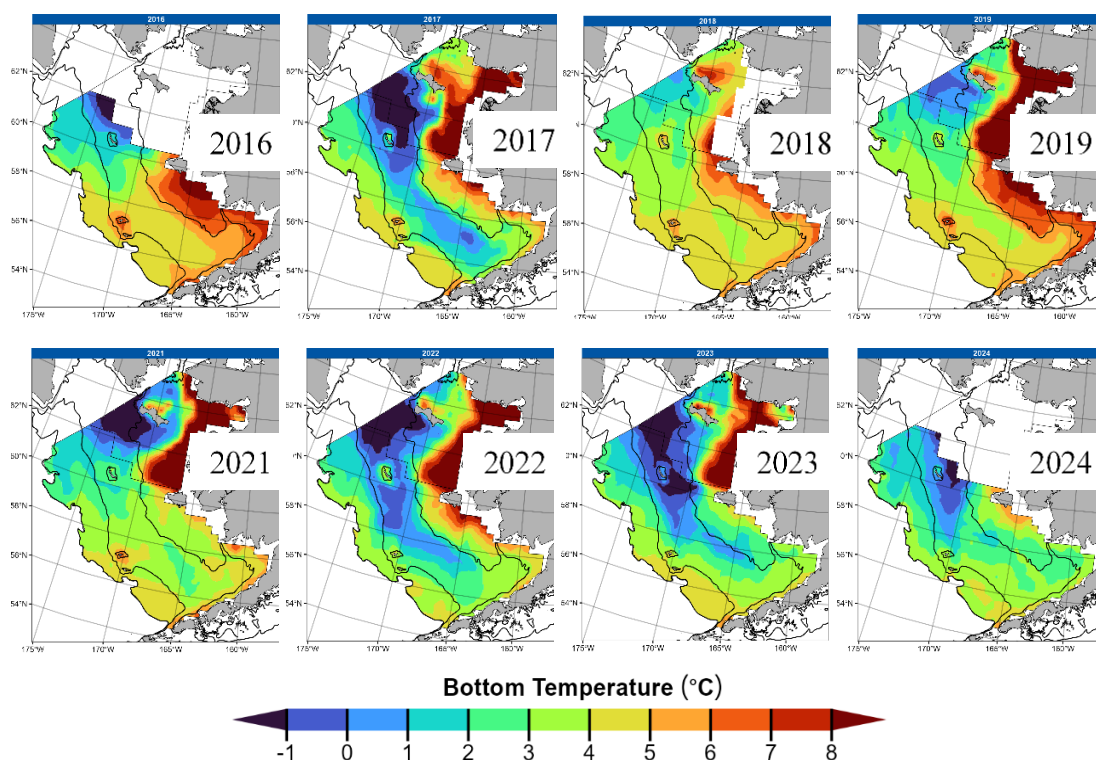


Рис. 6. Температура придонных вод (°C) во время донных траловых съемок восточного и северного шельфа Берингова моря в 2016–2024 гг. [Markowitz et al., 2023; Rohan, 2024]

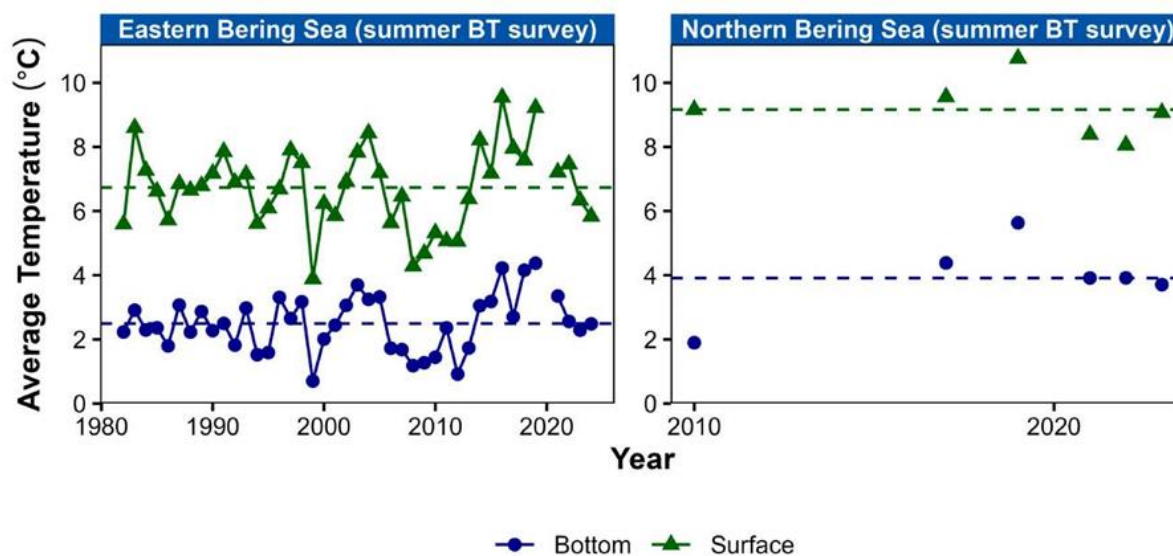


Рис. 7. Средние летние температуры поверхности моря (зеленые треугольники) и придонных горизонтов (синие круги) на восточном шельфе Берингова моря (°C) на основе данных, собранных в ходе стандартных летних донных траловых съемок в 1982-2024 гг.: пунктирные линии представляют среднее значение по временному ряду [Rohan, 2024]

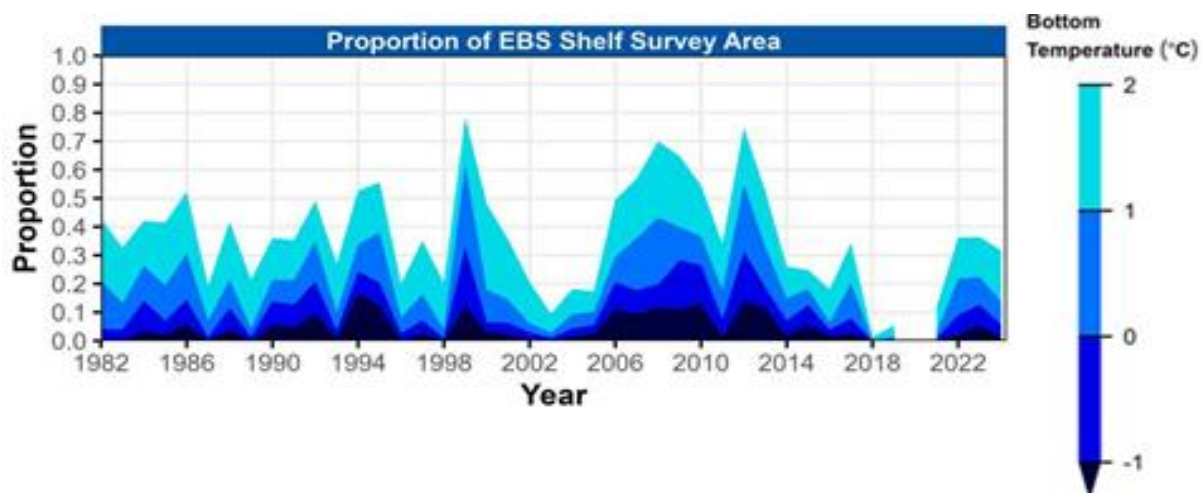


Рис. 8. Динамика площади летней холодной акватории на восточном шельфе Берингова моря, основанная на наблюдениях, полученных в ходе донной траловой съемки: протяженность холодного бассейна показана в процентах от общей площади обследованной акватории [Rohan, 2024]

Размер акватории ЛХВМ в значительной степени определяется размером сезонной ледовитости моря. Она была экстремально малой в 2018 г., но в следующие годы произошёл её рост и превышение среднемноголетних значений [Басюк, 2024].

Показателем зимнего охлаждения может служить средняя за январь-апрель ледовитость моря (отношение площади льда к площади моря, выраженное в процентах). Высокая/низкая ледовитость приводит к появлению устойчивых отрицательных/положительных температурных аномалий в толще вод деятельного слоя, в придонных шельфовых водах. В 21-м веке в море наблюдалось чередование нескольких последовательных лет с минимальным образованием льда и лет с относительно обширным льдообразованием. В начале 3-го десятилетия 21-го века ледовитость постепенно увеличилась почти до «нормы» (рис. 9) [Басюк, 2024]. В 2026 г. предполагается увеличение ледовитости по сравнению с предыдущим годом.

В тёплый период года на среднем и внешнем шельфе Анадырского залива ниже верхнего перемешанного слоя прослеживается значимая статистическая связь между «среднезимней» ледовитостью моря и температурными аномалиями. Летом 2024 г. в Анадырском заливе у дна наблюдались слабые отрицательные температурные аномалии, в среднем, до $-0,25^{\circ}\text{C}$. Площадь распространения холодных шельфовых вод с температурой ниже 0°C (Лаврентийское холодное пятно) на глубине 50 м и у дна в пределах ИЭЗ России летом немного превысит среднемноголетний уровень. В верхнем слое моря на шельфе западного побережья летом и в начале осени предполагается доминирование положительных температурных аномалий среднемесячной величиной до $+2,5^{\circ}\text{C}$ [Басюк, 2024].

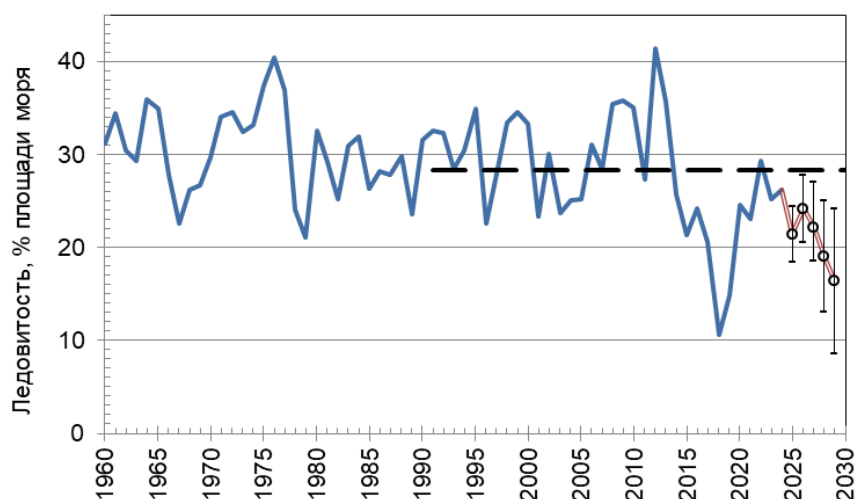


Рис. 9. Межгодовые изменения средней за январь-апрель ледовитости Берингова моря и её прогноз до 2029 г

Следующей причиной снижения запасов трески является донный траловый промысел на её нерестилищах в период нереста. Тралами треска интенсивно облавливается с начала января по конец апреля в местах её концентрации на внешнем шельфе и верхней части материкового склона, т.е. на нерестилищах. В марте 2022, 2023 и 2024 гг., в разгар нереста, траления велись главным образом на Олюторском и Дежнёвском нерестилищах (рис. 10). Учитывая тот факт, что треска откладывает донную икру, работа здесь тралами существенно снижает выживаемость её на ранних стадиях развития. Это делает необходимым внесение в правила рыболовства запрет донного тралового промысла трески в первой половине года.

Запрет целевого промысла трески в зимний период 2023-2024 и 2024-2025 гг. не привёл сохранению её нерестилищ. Фактически он коснулся только ярусного промысла. Добыча нерестовой трески донными тралами продолжилась в виде её прилова при целевом промысле камбал.

Снюрреводоловы, несмотря на то, что они также работают донными орудиями, на воспроизводство трески не оказывают значительного отрицательного влияния. Они обычно приступают к промыслу донных объектов в апреле и работают на мелководье, т.е. вне районов и сроков нереста. Не наносит, по-видимому, существенного ущерба и ярусный промысел в силу технических особенностей его работы.

Таким образом, выделено четыре основные причины, которые будут влиять на состояние запасов трески в северо-западной части Берингова моря в 2025–2026 гг. Первый из них – это появление урожайного поколения 2022 г. рождения. Второй фактор – снижение в последние годы запасов трески в восточной части моря, что ведёт к уменьшению численности мигрантов в западную российскую часть моря. Третий фактор – площадь акватории Лаврентийских холодных водных масс зимнего происхождения, которая после её заметного уменьшения, произошедшее в 2022–2024 гг., будет согласно океанологическому прогнозу в 2026 г. увеличиваться. Эти водные

массы будет затруднять миграции трески на нагул из восточной части моря. Четвёртый фактор – интенсивный донный траловый промысел на нерестилищах олюторско-наваринского района в период нереста. Он снижает успех нереста и уменьшает численность аборигенной трески.

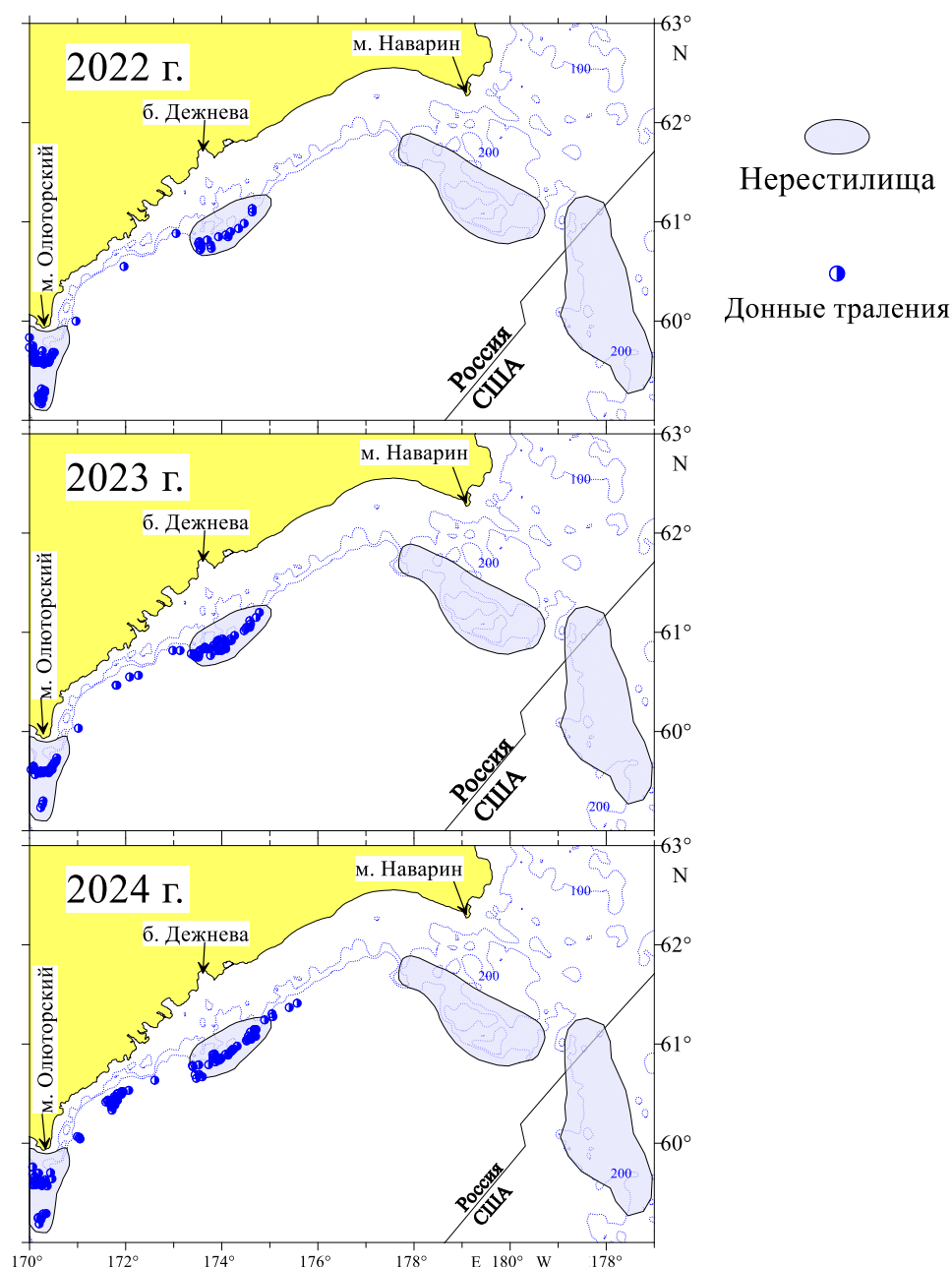


Рис. 10. Распределение донных тралений с уловами трески в марте 2022–2024 гг. относительно положения её нерестилищ

Итак, три из четырёх перечисленных факторов являются негативными – вызывающими снижение запасов трески в рассматриваемом районе моря.

Состояние промысла. Промысел трески в северо-западной части Берингова моря осуществляется главным образом четырьмя видами орудий лова: снюрреводами, донными и разноглубинными тралями, а также ярусами. Их приблизительные доли в общем улове из обеих рассматриваемых зон в 2024 г. по предварительным данным составили соответственно 20,9; 11,9; 5,6

и 61,6%. При этом среднегодовое за 2015–2023 гг. показатели отличались весьма заметно, составляя соответственно 11,7; 15,7; 7,9 и 64,7%.

Всего всеми орудиями лова в 2024 г. в сумме по обеим зонам (Западно-Берингоморская и Чукотская) было добыто 35,93 тыс. т трески, что заметно меньше годовых уловов 2022 и 2023 гг., составивших в сумме соответственно 60,41 и 39,37 тыс. т. В Чукотской зоне в 2024 г. промысел трески вёлся непродолжительное время при достигнутом вылове 0,092 тыс. т.

Пространственное распределение промыслов разными орудиями лова неодинаково. Траулеры и снюрреводоловы обычно работают непосредственно на Олюторско-Наваринском шельфе и в западной части зал. Анадырский. Ярусный же промысел охватывает как указанный район Западно-Берингоморской зоны, так и восточную часть залива – район п-ова Чукотский в Чукотской зоне, а также Берингов пролив.

Специализированный промысел трески в начале 2024 г. на период её нереста был запрещён согласно приказу Минсельхоза РФ от 20.11.2023 г. № 866. Однако этот запрет не оказал существенного влияния, поскольку не распространялся на донный траловый промысел камбал в тех же районах при существенном прилове трески. Таким образом, ограничение коснулось лишь ярусного промысла.

Снюрреводный промысел был открыт 25 мая и прекращён 16 октября (рис. 11, 12).

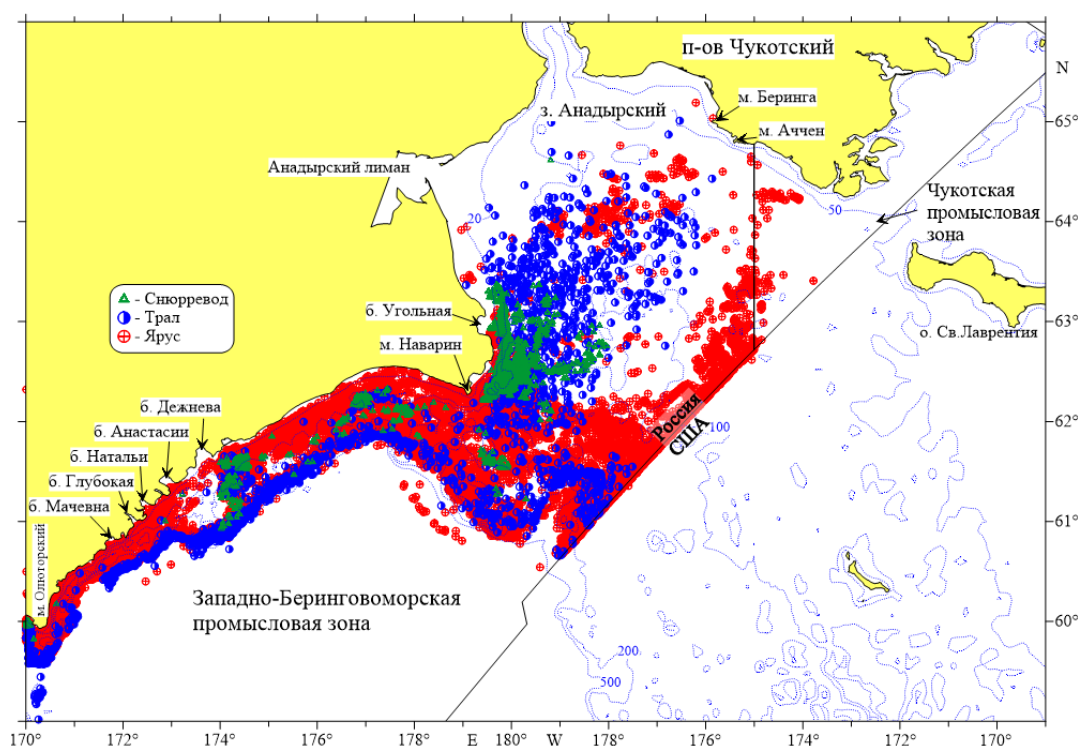


Рис. 11. Распределение промысла трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) в 2024 г.: точками отмечены места ловов

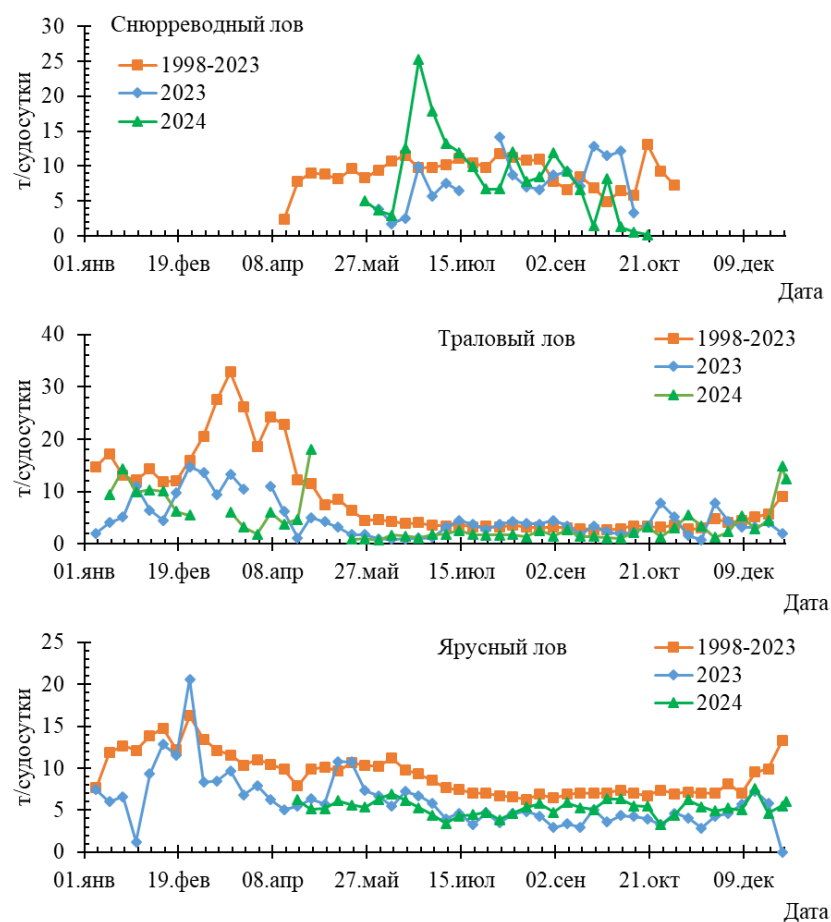


Рис. 12. Сравнение средненедельных показателей уловов трески на судосутки для различных промысловых орудий в Западно-Беринговоморской зоне в 2024 г. со среднемноголетними (1998–2023 гг.) и показателями 2023 г.

Его, как и в прошлые годы, вели главным образом в прибрежной части к западу от м. Олюторский, в районе бух. Дежнева, к западу и югу от м. Наварин, а также в западной части зал. Анадырский на север примерно до $63^{\circ}25'$ с.ш. В Чукотской зоне снюрреводоловы не работали. Всего за год суда этого способа лова по предварительным данным выловили 7,64 тыс. т трески за 714 судосутки при среднем показателе 10,7 т/судосутки.

Траловый (донный и разноглубинный) лов вёлся почти весь год. Траулеры работали у м. Олюторский, по всему олюторско-наваринскому шельфу, в юго-западной и центральной частях зал. Анадырский. В Чукотской зоне промысел тралами не вёлся. До середины апреля треску часто добывали в прилове, однако он иногда был довольно большим – средненедельные уловы колебались в пределах 1,91–18,01 т/судосутки. Но с конца апреля средненедельные уловы снизились и не превышали 5,45 т/судосутки. В конце декабря уловы опять выросли до 12,48–14,85 тыс. т. Всего за год суда этого способа лова по предварительным данным выловили 6,25 тыс. т трески за 1734 судосутки при среднем показателе 3,60 т/судосутки.

Ярусный лов вёлся с середины апреля. Ярусоловы работали по всему олюторско-наваринскому шельфу, в южной части зал. Анадырский. В центральной его части, а также в Чукотской зоне промысел в отличие от

прошлого года был не столь значительным. Всего за год ярусоловы по предварительным данным выловили 22,05 тыс. т трески за 4134 судосутки при среднем показателе 5,33 т/судосутки. В Западно-Беринговоморской зоне эти показатели составили соответственно 21,96 тыс. т за 4110 судосутки при 5,34 т/судосутки, а в Чукотской соответственно – 0,09 тыс. т, за 24 судосутки при 3,84 т/судосутки (рис. 13). Сравнительно небольшой её вылов в Чукотской зоне в этом году объясняется низкой плотностью распределения облавливаемых скоплений по сравнению с предыдущими годами.

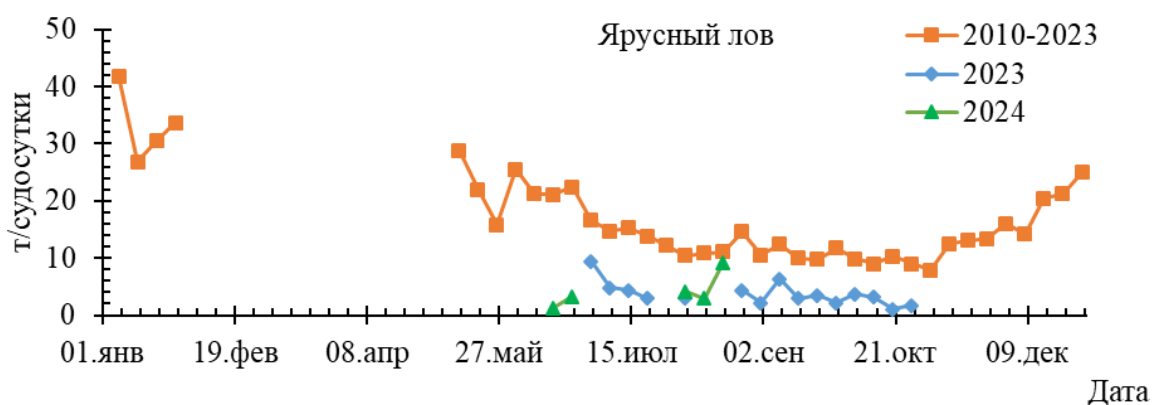


Рис. 13. Сравнение средненедельных показателей ярусных уловов трески на судосутки в Чукотской зоне в 2024 г. со среднемноголетними (1998–2023 гг.) и показателями 2023 г.

Уменьшение запасов трески, произошедшее в последние годы и, соответственно снижение величин уловов привело к снижению годового вылова и уменьшению освоения ОДУ (табл. 1, рис. 14). Если объёмы вылова с 2016–2017 до 2019–2020 гг. в сумме по обеим зонам продолжали расти соответственно от 26,7–38,3 до 87,4–100,6 тыс. т, то с 2021 к 2024 г. начался спад с 90,9 до 36,0 тыс. т. При этом, если освоение ОДУ в 2016–2020 гг. колебалось в пределах 79,6–87,8%, то с 2021 до 2023–2024 гг. оно снизилось соответственно с 75,7 до 43,5–60,0%.

Таблица 1

Вылов, ОДУ и освоение ОДУ трески в промысловых зонах северо-западной части Берингова моря

Зона	Параметр	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Западно-Беринговоморская	ОДУ, тыс. т	27,4	36,2	66,3	86,0	105,0	105,0	90,0	84,5	57,0
	Вылов, тыс. т	21,4	31,7	60,9	83,2	96,2	86,3	59,2	39,0	35,8
	Освоение, %	78,1	87,6	91,9	96,7	91,6	82,2	65,8	46,2	62,8
Чукотская	ОДУ, тыс. т	6,1	7,4	13,7	14,0	15,0	15,0	10,0	6,0	3,0
	Вылов, тыс. т	5,2	6,6	3,2	4,2	4,4	4,5	1,2	0,4	0,1
	Освоение, %	85,2	89,2	23,4	30,0	29,3	30,0	12,0	6,7	3,3
Общее	ОДУ, тыс. т	33,5	43,6	80,0	100,0	120,0	120,0	100,0	90,5	60,0
	Вылов, тыс. т	26,6	38,3	64,1	87,4	100,6	90,8	60,4	39,4	35,9
	Освоение, %	79,4	87,8	80,1	87,4	83,8	75,7	60,4	43,5	59,8

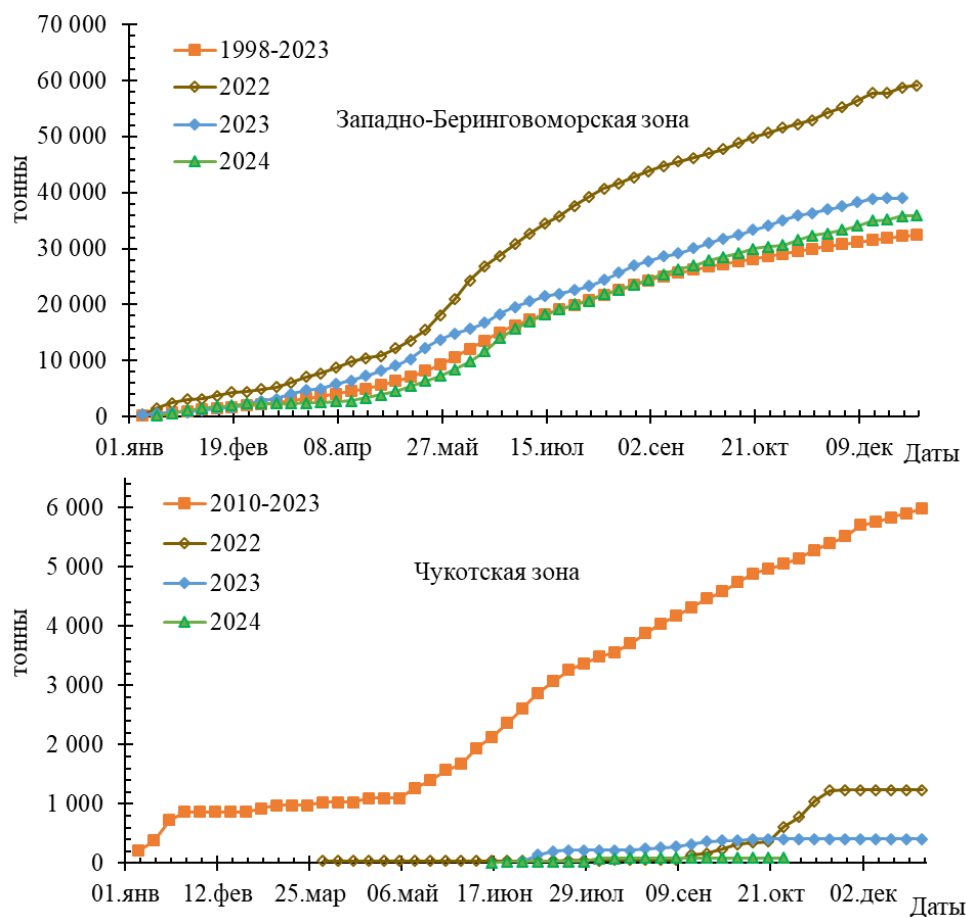


Рис. 14. Динамика нарастающих уловов трески 2024 г., среднееголетних (1998–2023 гг.), а также 2022 и 2023 гг. в Западно-Беринговоморской и Чукотской зонах Берингова моря

Освоение ОДУ по промысловым зонам значительно различалось. В Западно-Беринговоморской зоне этот параметр в 2016–2020 гг. колебался в пределах 78,2–96,8% при снижении к 2023–2024 гг. соответственно до 46,2–63,0%. В Чукотской зоне он достиг максимума в 2017 г. – 89,6%, но к 2024 г. снизился до 3,3%. Главной причиной сравнительно низкого освоения является удалённость этого района лова от основного, находящегося акватории Западно-Беринговоморской зоны. В 2023–2024 гг., произошло значительное снижение плотности распределения скоплений, что повлияло на величины улова, которые уменьшились и не достигали показателей в других районах моря. К тому же приказы Минсельхоза РФ допускают перераспределение уловов между Западно-Беринговоморской и Чукотской зонами без превышения квоты вылова.

Определение биологических ориентиров

Ориентиры управления для правила регулирования промыслом (ПРП) представлены по результатам расчётов программы «СИНТЕЗ»:

- целевой и граничный ориентиры по биомассе в традиционном подходе не устанавливаются;
- граничный ориентир по МКПС $F_{lim} = F_{Loss} = 0,662 \text{ год}^{-1}$.

– целевой ориентир по промысловой эксплуатации $F_{tr} = F_{MSY} = 0,206$.

Запас трески в северо-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская и Чукотская зоны) является созависимым от скоплений трески в юго-восточной его части (американская зона). Поэтому кусочно-линейное Правило регулирования промысла (ПРП) не может быть биологически обосновано, а вместо него предлагается ПРП традиционной формы [Бабаян, 2000] (рис. 15).

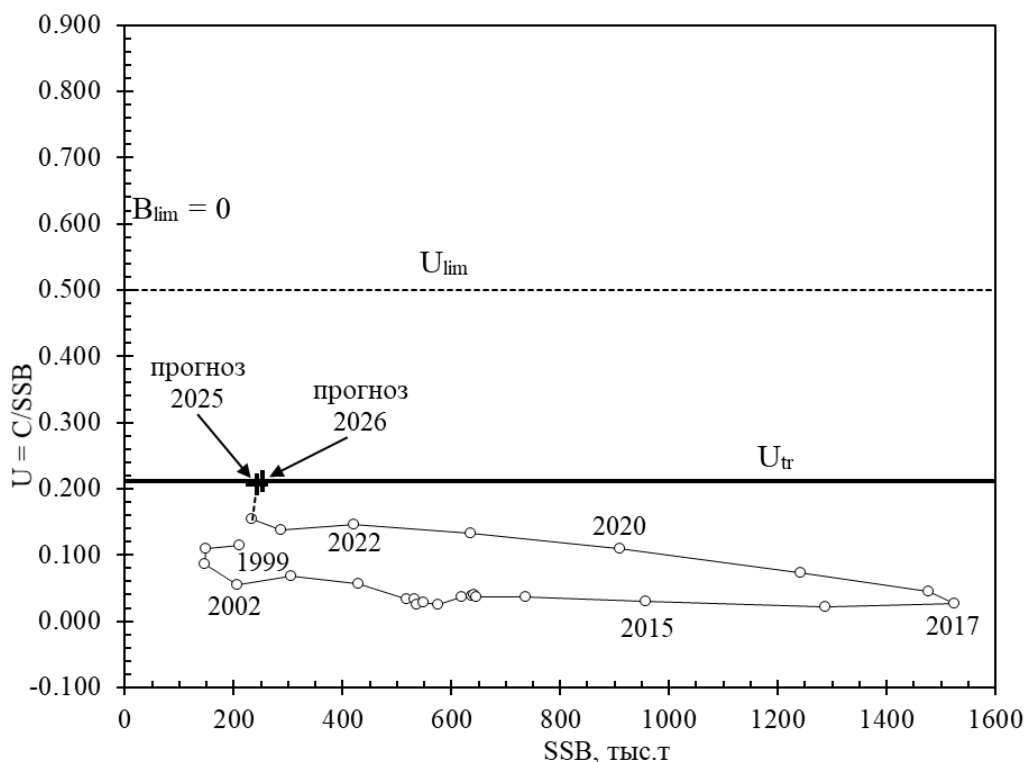


Рис. 15. Правило регулирования промысла трески в северо-западной части Берингова моря с оценкой его реализации в 1999–2024 гг. и прогноз на 2025 и 2026 гг., где C – годовой вылов

Для упрощения восприятия МКПС переведено в коэффициент эксплуатации (U_t), как отношение улова (C_t) к нерестовой биомассе (SSB_t) по годам промысла (t):

$$U_t = C_t / SSB_t.$$

Целевой ориентир по коэффициенту эксплуатации (U_{tr}) рассчитывается следующим образом:

$$U_{tr} = F_{tr} / Z_{cm} * (1 - \exp\{1 - Z_{cm}\}) = 0,212.$$

Так же рассчитывается и граничный ориентир эксплуатации (U_{lim}):

$$U_{lim} = F_{lim} / Z_{cm} * (1 - \exp\{1 - Z_{cm}\}) = 0,500.$$

Здесь Z_{cm} – общая смертность, среднемноголетняя за период с 1999 по 2024 гг., равная $0,594 \text{ год}^{-1}$.

Таким образом, промысловая нагрузка, начиная с 2002 г., была умеренной и не превышала целевую МКПС.

Согласно ПРП на 2026 г. интенсивность эксплуатации (U_{tr}) составит 0,212 при ОДУ для Западно-Беринговоморской, равном 50,0 тыс. т и для Чукотской зоны – 3,4 тыс. т.

Прогнозирование состояния запаса

Прогнозирование состояния запаса трески в 2025 и 2026 гг. выполнено методом экстраполяции по когортной модели от уровня ее запаса в 2024 г. Нерестовый запас (SSB) соответственно по прогнозным годам составил 242,01 и 252,07 тыс. т (табл. 2).

Таблица 2

Численность в 2024 г. и прогноз численности на 2025–2026 гг., а также ОДУ на 2025–2026 гг. в северо-западной части Берингова моря (Западно-Беринговоморская и Чукотская зоны)

Возраст рыб (j), лет	Абсолютная численность на начало года (N_j), тыс. экз.			Селектив- ность (S_j), в долях единицы	Доля зрелых особей (p_j)	Сред- няя масса особи (w_j), кг	МКЕС (M_j)	ОДУ, тыс. т	
	2024	2025	2026					2025	2026
1	138 116	150 000	150 000	0,015	0,000	0,057	0,857	23	24
2	173 758	58 443	63 435	0,069	0,026	0,369	0,552	300	348
3	106 590	98 543	33 056	0,298	0,108	1,018	0,466	6 072	2 175
4	50 422	62 532	57 151	0,843	0,358	1,984	0,440	20 120	19 646
5	14 713	26 872	32 262	0,943	0,719	3,201	0,442	15 421	19 781
6	9 435	7 648	13 470	0,621	0,922	4,594	0,466	4 264	8 022
7	5 600	5 151	4 077	0,368	0,982	6,087	0,510	2 280	1 927
8	2 847	3 096	2 808	0,215	0,996	7,618	0,582	988	957
9	2 238	1 516	1 635	0,126	0,999	9,138	0,698	325	375
10	1 740	1 083	730	0,073	1,000	10,610	0,899	145	104
11	1 144	697	432	0,043	1,000	12,008	1,310	52	35
12	347	306	186	0,025	1,000	13,316	2,557	10	6
Итоговые значения, тыс. т									
SSB	233,62	242,01	252,07					50,0	53,4

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Треске этой части моря присущи, как уже отмечалось выше, значительные межгодовые флюктуации запаса. На запасы трески оказывает влияние несколько факторов. Первый – появление поколения 2022 г. рождения, которое по своей урожайности, хотя и ниже среднего, но выше нескольких предыдущих поколений, что должно улучшить состояние запасов в 2026 г. Второй – запас трески в восточной части Берингова моря меньше среднемноголетнего уровня, а, следовательно, количество мигрантов на нагул в западную часть моря может уменьшиться. Третий – развитие акватории, занимаемой Лаврентийскими холодными массами в прогнозном году будет близкой к среднемноголетней, что будет препятствием для массовых миграций, какие были в 2016–2018 гг. Четвёртый – интенсивный

донный траловый промысел на нерестилищах олюторско-наваринского района в период нереста трески безусловно снизит его успех и уменьшит численность аборигенной трески. Учитывая описанный комплекс факторов, вызывающих снижение биомассы нагульной трески, а также введение запрета на промысел на нерестилищах в период нереста предлагается ОДУ для обоих районов (Западно-Берингоморская, Чукотская зоны) равным 53,4 тыс. т (табл. 2).

Для Чукотской зоны на 2026 г. предлагается выделить из общего объёма ОДУ трески северо-западной части Берингова моря 3,4 тыс. т. В этом районе, начиная с 2021 г., происходило неуклонное снижение ее годового вылова из-за падения запасов, а также отдалённости района лова (табл. 1).

ОДУ трески в 2026 г. предлагается установить в Западно-Берингоморской зоне 50,000 тыс. т, в Чукотской зоне 3,400 тыс. т. При этом допустимо перераспределение объёмов общих допустимых уловов трески между Западно-Берингоморской и Чукотской зонами без превышения суммарного объёма общего допустимого улова трески.

Анализ и диагностика полученных результатов

Тестирование стратегии управления не проводилось, поскольку на запас трески в 2026 г. в значительной степени будут оказывать влияние внешние факторы: запас рыб в юго-восточной части моря, океанологическая обстановка в Беринговом море, способствующая или, наоборот, препятствующая миграциям трески в западную часть моря, и, наконец, донный промысел на нерестилищах в период нереста в прошлые годы, способный подорвать запасы данного вида в 2025–2026 гг.

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: Д.А.Терентьев, О.И.Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой для оценки текущего и перспективного состояния запаса, определения ОДУ трески в Карагинской подзоне в 2026 г. послужили следующие данные:

— сведения, собранные сотрудниками «КамчатНИРО» в апреле 2023 г. на донном ярусном промысле на СЯМ «Калкан» (массовые промеры — 4039 экз.), в марте на донном траловом промысле на СРТМ «Геркулес» (массовые промеры — 282 экз.), а также на снюрреводном промысле в сентябре-октябре на РС «Малки-1» (массовые промеры — 757 экз.);

— результаты донной траловой съемки, выполненной в августе – начале сентября 2024 г. на НИС «Дмитрий Песков» по стандартной сетке

станций (рис. 16) (количество тралений — 68, массовых промеров трески — 637);

— результаты донных траловых съемок, наблюдений на промысловых судах в прошлые годы;

— данные оперативной отчетности предприятий (ООП) и судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

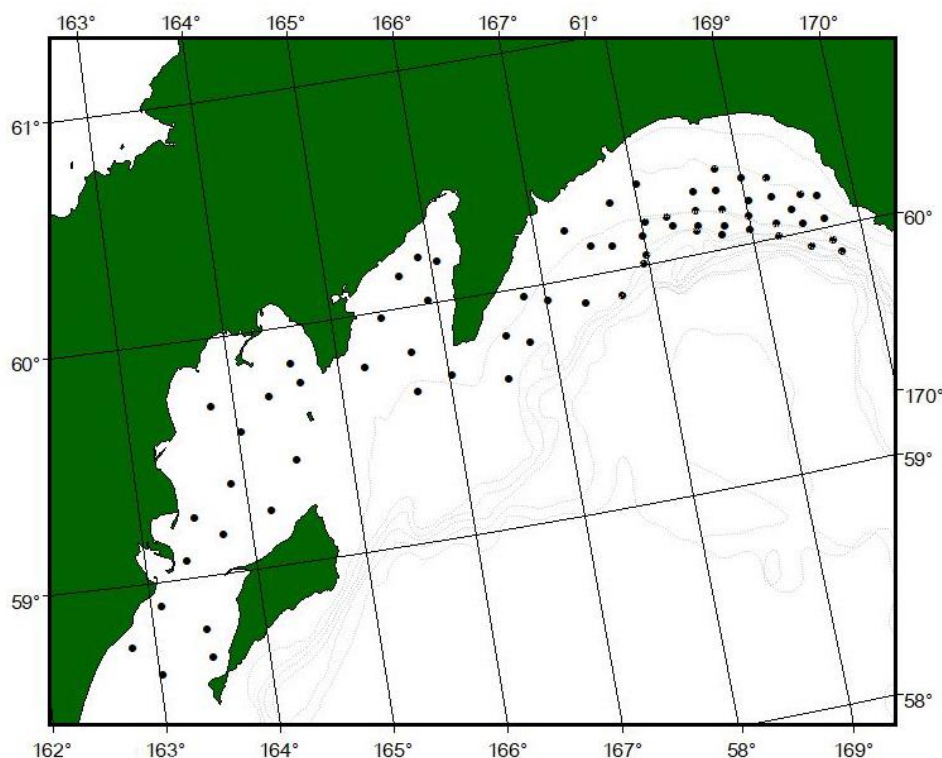


Рис. 16. Схема станций донной траловой съемки, выполненной на НИС «Дмитрий Песков» в августе – начале сентября 2024 г. в Карагинской подзоне

Сведения об общем вылове трески в 2012–2023 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях,

стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для трески в Карагинской подзоне в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1980 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты донных траловых съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса».

С 2023 г. для оценки состояния запасов трески Карагинской подзоны применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — логистический:

$$s_{t,a} = \frac{1}{1 + \exp(-r_{1t}(a - r_{2t}))} \quad S1)$$

где: $r_{1t}r_{2t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = [\ln N_{t,1}, \dots, \ln N_{t,11}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}]^T,$$

где $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = [\ln C_{t,1}, \dots, \ln C_{t,11}, \ln I_t^1, \ln I_t^2]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса (стандартизованный улов на усилие), I_t^2 — индекс общей биомассы запаса.

При моделировании запаса трески Карагинской подзоны предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$, $\sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2);$$

- шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;
- шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \Sigma_C)$.

Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам Σ_C предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы Σ_C — типа авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели;

- шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;
- шум наблюдений для индекса общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;
- коэффициент улавливаемости для индекса общей биомассы запаса $q_2=1,0$.

Для коэффициента естественной смертности карагинской трески выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.25^2)$. Априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Использовали следующие входные данные:

- матрица вылова (млн экз.) трески по возрастным группам (1–11 лет) и годам промысла (1980–2024 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному на основе определений возраста рыб по отолитам в 1980–2024 гг. отдельно для первой и второй половин года;
- средняя масса рыб по возрастам и годам промысла (1980–2024 гг.);
- среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная с использованием результатов полных биологических анализов трески (рис. 17);

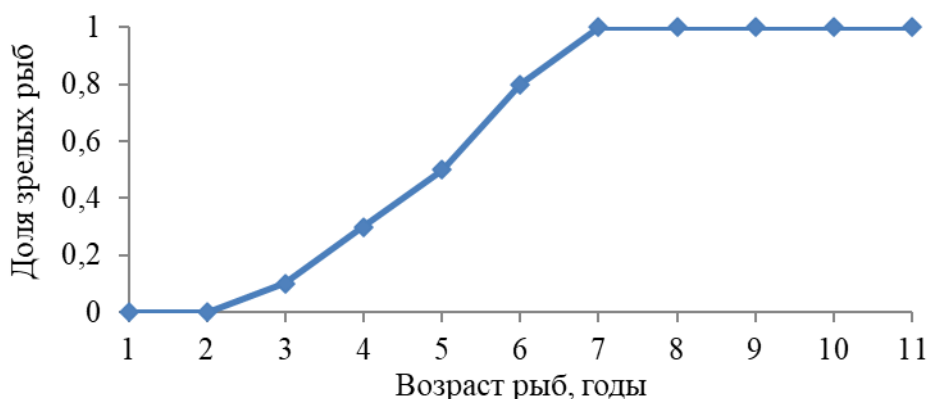


Рис. 17. Среднемноголетняя доля половозрелой трески Карагинской подзоны по возрастным группам

В качестве настроечных индексов для модели использовали данные об уловах на единицу промыслового усилия (т/судосутки) (CPUE) за 2003–2024 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа СЯМ,

ведущих ярусный промысел в мае (рис. 18). В качестве предикторов выбраны факторы года, месяца, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R.

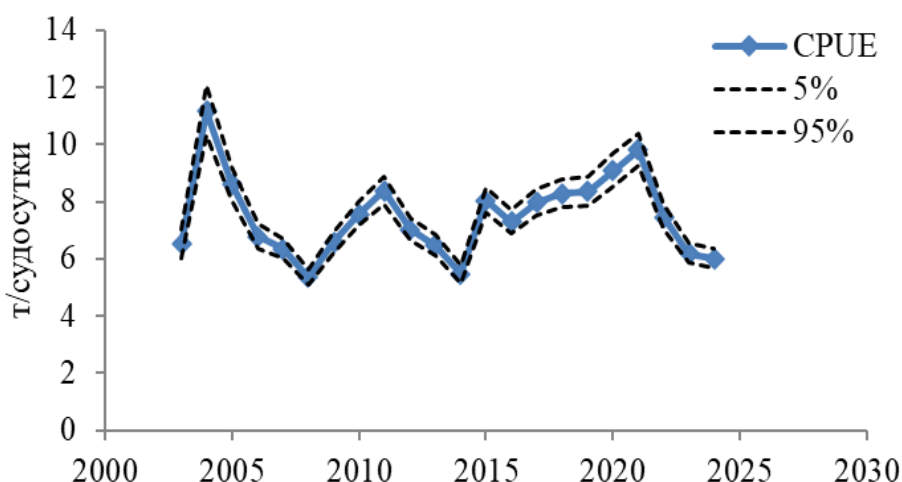


Рис. 18. Стандартизированные по модели GLM уловы на усилие судов типа СЯМ, ведущих промысел трески в Карагинской подзоне в мае

Дополнительно использовали оценки общей биомассы трески по данным донных траловых съёмок. В Карагинской подзоне учётные работы проводятся с 1958 г. Основной задачей их первоначально являлся учет сеголетков сельди. В дальнейшем результаты траловых съёмок стали использовать и для характеристики силы годовых классов других рыб (минтая, наваги, трески и др.). С конца 1960-х гг. здесь же стали выполняться и снюрреводные учётные исследования на судах типа МРС в диапазоне глубин 20–200 м. Однако в 2000–2011 гг. число подобных работ существенно сократилось, что самым неблагоприятным образом отразилось на возможности объективной оценки запасов и допустимых уловов промысловых рыб. В 2012 г. учётные работы в этом районе были возобновлены, но по упрощенной сетке станций (только на шельфе). При этом в 2016 г. съёмка была ориентирована, прежде всего, на оценку запасов промысловых беспозвоночных, выполнена только на шельфе и в нестандартные для учета донных рыб сроки — июне, что делает результаты трудно сопоставимыми с данными прошлых лет. В 2017 г. учётная съёмка проводилась только в акватории Олюторского залива на глубинах до 200 м, а в 2018 г. — не проводилась вовсе. В 2021 г. учётные работы в Карагинской подзоне выполнены в октябре, при этом съёмка была ориентирована только на оценку запасов промысловых беспозвоночных. Результаты по треске оказались нерепрезентативными, поэтому в качестве индекса запаса в расчетах не использованы. В 2022–2023 гг. учётные съёмки не проводились. В 2024 г. съёмка была выполнена не в полном объеме, результаты по треске признаны нерепрезентативными.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Результаты учетных донных траловых съемок свидетельствуют, что после периода низкого уровня запасов трески в Карагинской подзоне (конец 1990–начало 2000-х гг.) с 2002 по 2007 гг. наблюдался рост биомассы до 105 тыс. т (рис. 19). В 2009–2011 гг. учетные работы в районе не проводились, однако данные, полученные специалистами «КамчатНИРО» осенью 2012 г., показали, что учтенная биомасса составляла около 70 тыс. т и была близка среднегодовому значению. В 2013 г. проведена очередная съемка в акватории Карагинского и Олюторского заливов. По результатам исследований, биомасса трески в рассматриваемый период насчитывала около 107 тыс. т. По данным 2014 г., эта величина составляла 109 тыс. т, а в 2016 г. — 86 тыс. т. Очередная съемка была проведена в июле 2019 г. По ее результатам, биомасса трески оценена в 110 тыс. т. По данным съемки 2020 г. учтенная биомасса этого вида сократилась более чем в два раза и составила 48 тыс. т, а съемки 2024 г. — сократилась еще почти в 2,5 раза и оценена всего в 21 тыс. т. По указанным выше причинам для настройки в модельных расчетах это значение не использовано.

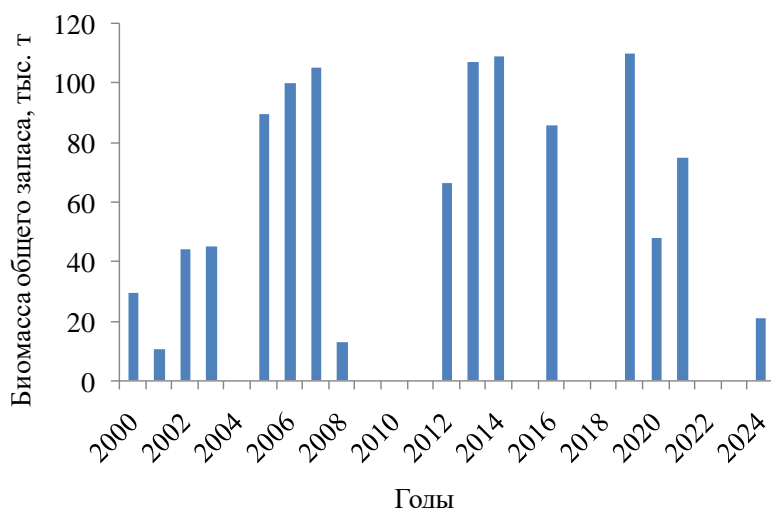


Рис. 19. Межгодовая динамика учтенной биомассы трески в Карагинской подзоне

Размерно-возрастной состав трески по данным учетных съемок 2016, 2019–2020 и 2024 гг. приведен на рисунке 20. В 2019–2020 и 2024 гг., основу уловов составляли особи в возрасте 2+ и 3+ (55,7; 71,1 и 58,5% соответственно) лет. В возрастном составе уловов в 2016 г. обращает на себя внимание повышенная, по сравнению с другими годами, относительная численность рыб в возрасте 2+ (54,2%).

По модельным оценкам, на начало 2024 г. запас трески по общей биомассе составил 71,0 тыс. т, по промысловой — 52,5 тыс. т, а по нерестовой — 28,4 тыс. т (рис. 21).

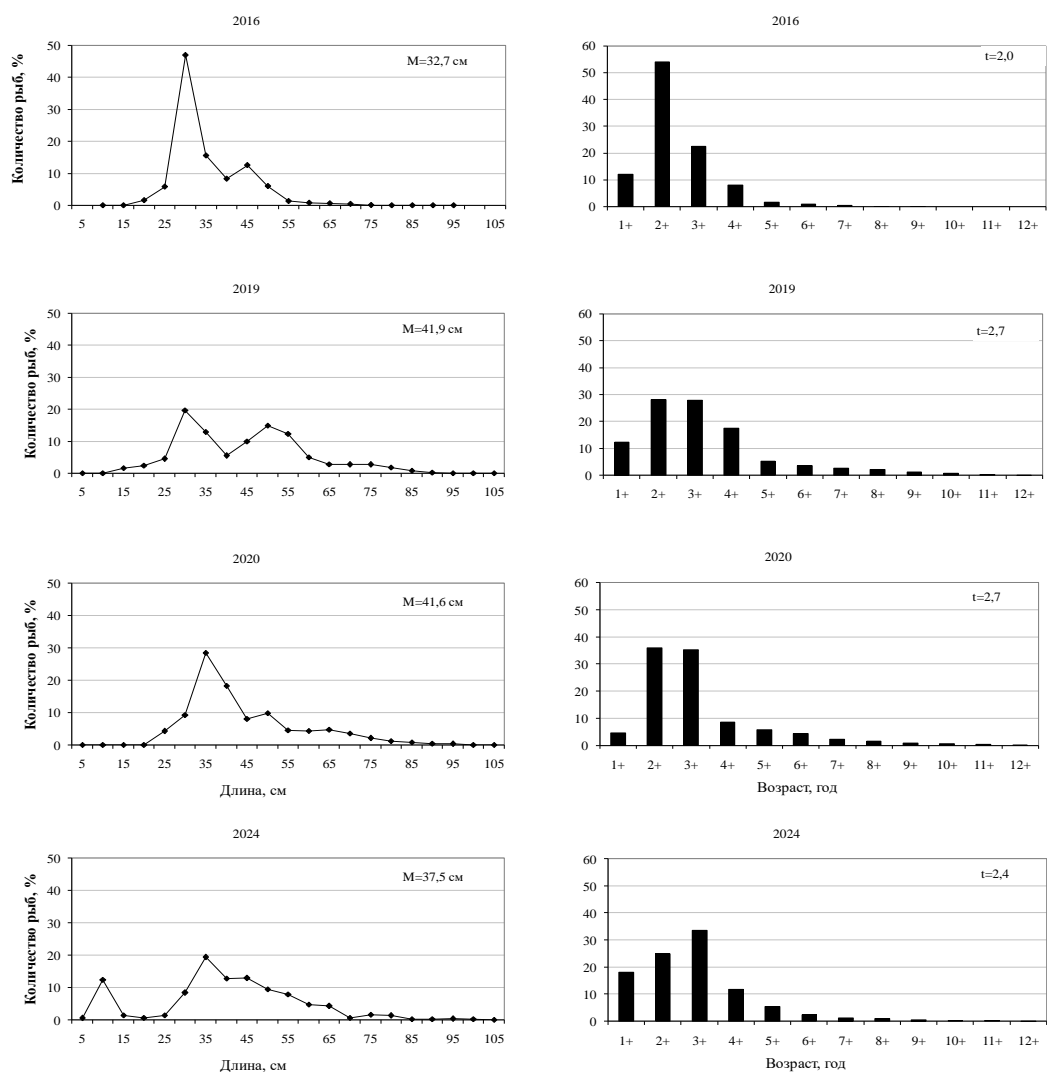


Рис. 20. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава трески Карагинской подзоны по данным учетных траловых съемок

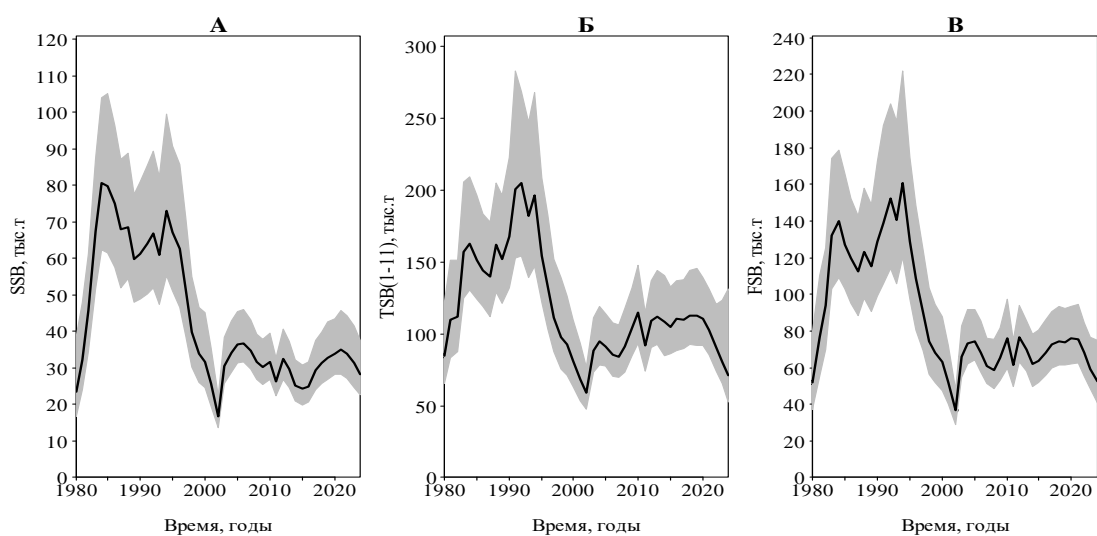


Рис. 21. Межгодовая динамика биомассы нерестового (А), общего (Б) и промыслового (В) запаса трески Карагинской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности карагинской трески составила $0,368 \text{ год}^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,084.

Коротко характеризуя динамику ресурсов трески Карагинской подзоны в 1980–2020 гг. по результатам модельных оценок, отметим отрицательный тренд биомассы, как общего, так и нерестового запаса, начиная с первой половины 1990-х гг. После 2004 г. наблюдалась некоторая стабилизация нерестового запаса с небольшим ростом общего и промыслового вплоть до 2020 г. Численность поколений 2007–2018 гг. оценивается выше среднемноголетнего (рис. 22). Однако бурного роста запаса в это время не происходило из-за высокой промысловой смертности (рис. 22) вследствие больших величин годового вылова трески после 2010 г. С появлением ряда поколений низкой численности (2019–2023 гг.) после 2020 г. запасы стали снижаться (рис. 22). В ближайшее время также следует ожидать некоторого снижения запасов карагинской трески.

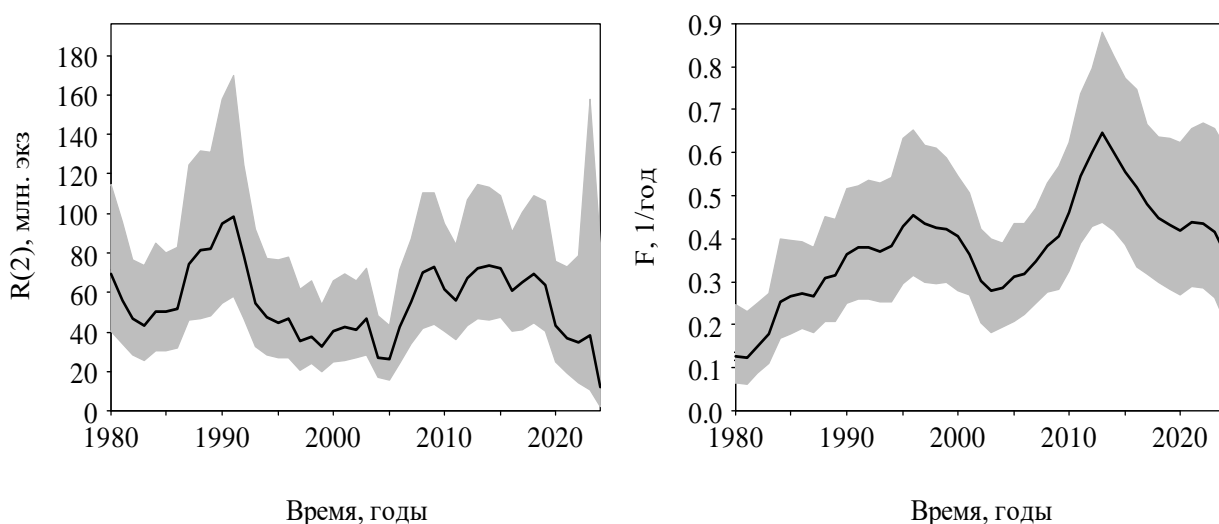


Рис. 22. Межгодовая динамика биомассы пополнения (слева), и коэффициентов промысловой смертности (слева) трески Карагинской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Ретроспективная динамика возрастных коэффициентов селективности трески Карагинской подзоны представлена на рисунке 23.

Межгодовая динамика модельных и наблюдаемых индексов запаса трески представлена на рисунке 24. Для диагностики результатов использовали отклонения между натуральными логарифмами наблюдаемых значений и их одношаговыми прогнозами по модели («нормированные обновления» [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p < 0,05$.

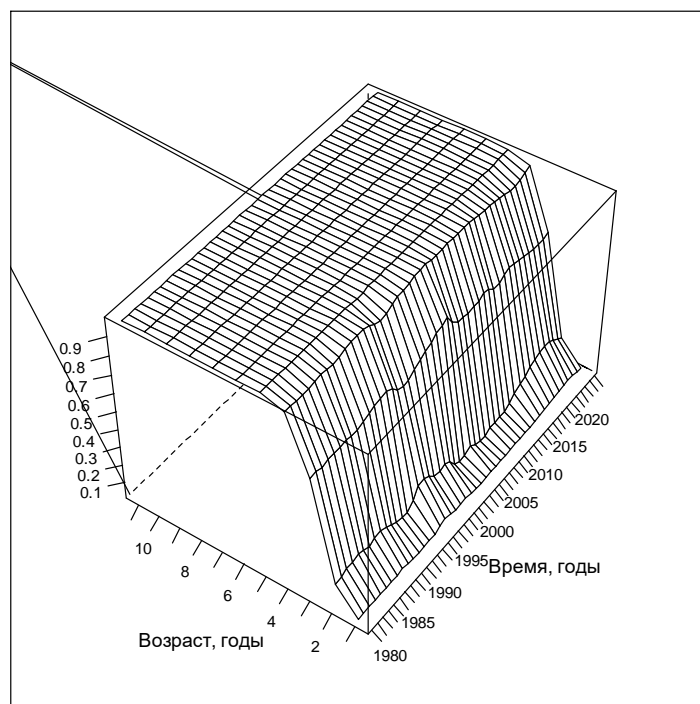


Рис. 23. Динамика возрастных коэффициентов селективности трески Карагинской подзоны

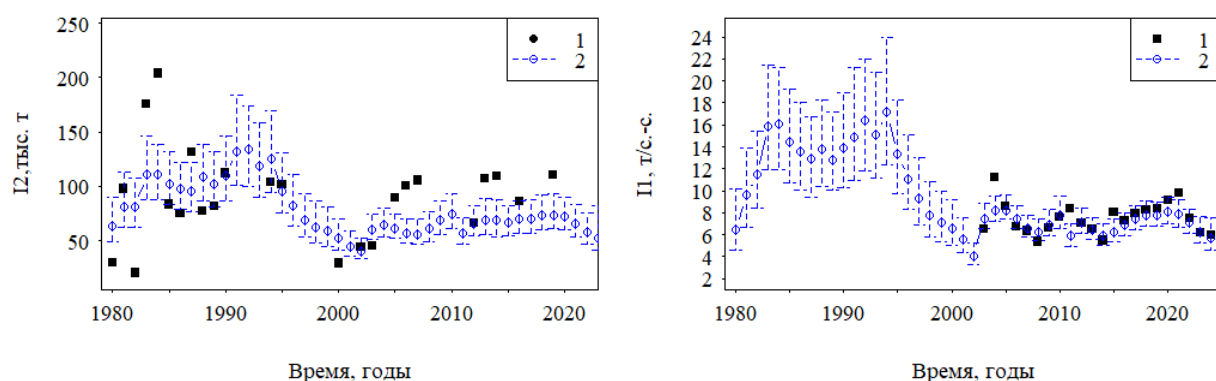


Рис. 24. Наблюдаемые значения индексов запаса (1) и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2). Слева — данные траловых съемок, справа — стандартизованный улов на усилие

Результаты проверки модели на наличие ретроспективной смещенности представлены на рисунке 25. Значение показателя Мона р для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило 11,8%. Предложено [Hurtado-Ferro et al., 2015] считать нижним пороговым значением показателя Мона р для долгоживущих видов -15% , верхним — $+20\%$. Треска относится к видам со средней продолжительностью жизни, поэтому есть основания полагать, что ретроспективная смещенность модельных оценок нерестовой биомассы карагинской группировки этого вида является приемлемой.



Рис. 25. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы трески

Промысел. Заливы восточной Камчатки традиционно являются районами активного промысла трески. Начало ее лова советскими предприятиями относится к 1926–1928 гг. Основные добывающие базы на восточном побережье Камчатки организовывались во всех заливах к северу от м. Лопатка до о-ва Карагинский и м. Олюторский. В большинстве своем лов вели с маломерных моторизованных судов на удочки и яруса на незначительном удалении от баз обработки в пределах 10–15 миль.

На протяжении практически 25 лет, до середины 1950-х гг., ярусно-удобный лов трески просуществовал в первозданном виде. Новый этап освоения запасов этого вида у берегов Камчатки начался в 1954–1955 гг. с повсеместным изъятием трудоёмких в использовании ярусов и внедрением в практику промысла снюрреводов. Однако ожидаемого резкого увеличения промысловых показателей не последовало. Осредненные по пятилетиям годовые уловы тихоокеанской трески в заливах Восточной Камчатки изменялись в 1955–1970 гг. от 0,8 до 4,1 тыс. т. Очевидно, что столь невысокий вылов был обусловлен низким уровнем запасов.

Расцвет трескового промысла пришелся на 1980–1990-е гг., когда за счет появления во второй половине 1970-х гг. нескольких урожайных поколений, произошло резкое увеличение численности и промысловой биомассы трески во всех районах Северной Пацифики, что сразу же отразилось на величине годовых уловов. Так, по тихоокеанскому побережью Камчатки вылов возрос с 1,7 тыс. т (в 1978 г.) до 34,0 тыс. т (в 1984 г.), т.е. более чем в 20 раз, после чего уловы постепенно начали снижаться.

С 2015 по 2024 гг. общий вылов трески в Карагинской подзоне изменялся от 14,5 (2024 г.) до 18,4 тыс. т (2018–2019 гг.) и в среднем составлял 16,8 тыс. т. Освоение ОДУ за этот же период в среднем равнялось 93,5%. В 2024 г. освоение ОДУ составило 96,0%, или 14,5 тыс. т (10,3 тыс. т — ярусами, 4,2 тыс. т — тралами и снюрреводами) (табл. 3).

Таблица 3

**Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ тихоокеанской трески
в Карагинской подзоне**

Год	ОДУ, тыс. т	Общий вылов, тыс. т	Освоение ОДУ, %
2015	17,5	15,5	88,6
2016	17,0	15,3	90,0
2017	17,0	17,0	100,0
2018	18,8	18,4	97,9
2019	18,9	18,4	97,4
2020	18,5	16,1	87,0
2021	20,0	18,3	91,5
2022	19,1	17,4	91,1
2023	18,1	17,3	95,6
2024	15,1	14,5	96,0
Среднее	18,0	16,8	93,3

Вылов трески в Карагинской подзоне осуществляется преимущественно донными ярусами, а также маломерными и среднетоннажными судами, оснащенными снюрреводами (рис. 26). В 2014 г. доля ярусного лова впервые с 1995 г. превысила 50% и составила 51,4%. В 2016 г. доля яруса в уловах увеличилась до 63%, однако в 2017 г. снизилась до 56,7%, а в 2018 г. — вновь увеличилась до 59,3%. В 2019 г. изъятие трески этим орудием лова достигло 70,1%. Доля донного яруса в вылове в 2021 г. составляла 69,4%, а в 2022 г. — 60%. В 2023 г. эта величина достигла максимального за весь период наблюдений значения и составила 71,9%. В 2024 г. доля ярусного лова составляла 71,2% (рис. 27). В среднем в 2015–2024 гг. доля снюрреводного лова на промысле трески равнялась 23,3%, а вклад донных и разноглубинных тралов — 8,9 и 1,4% соответственно (рис. 28).

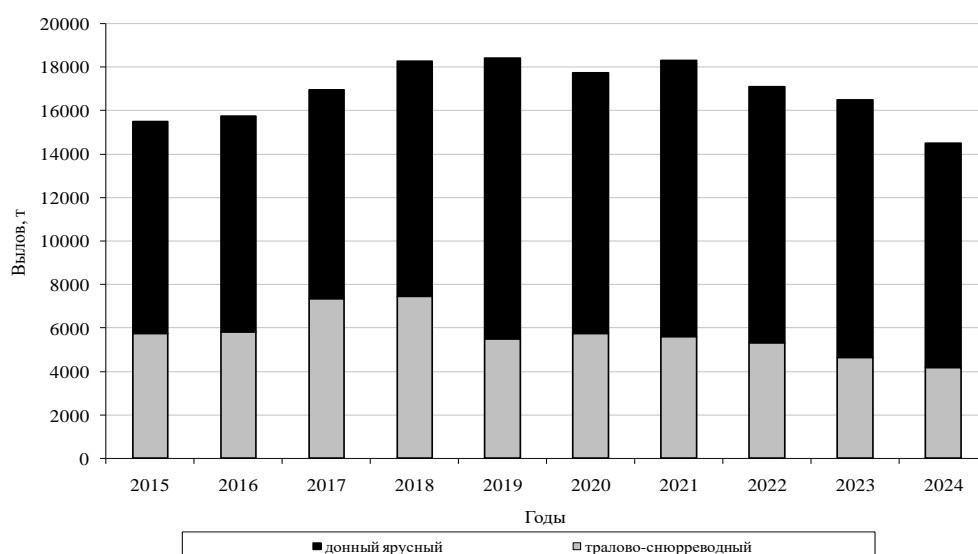


Рис. 26. Межгодовая динамика вылова трески в Карагинской подзоне на ярусном и тралово-снюрреводном промысле

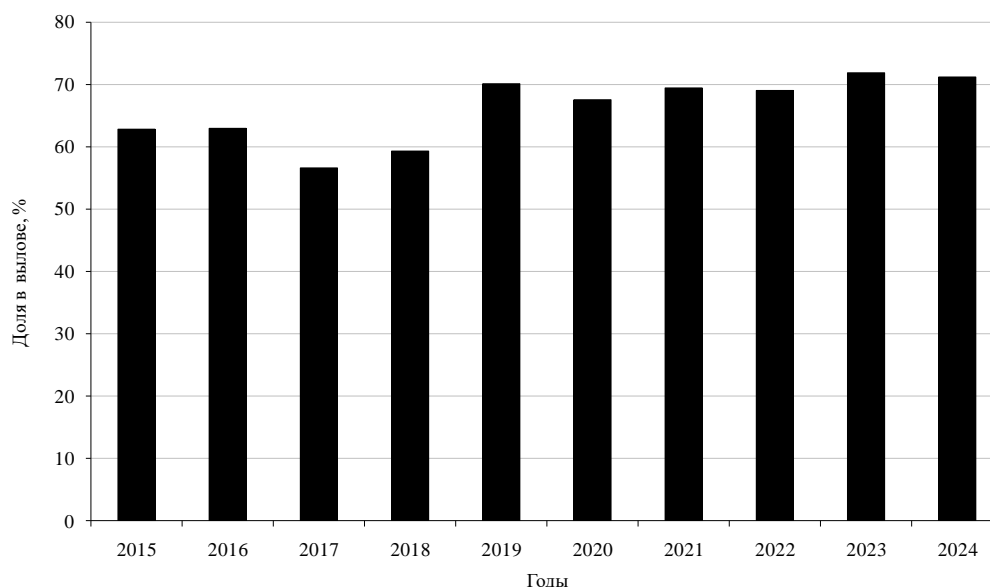


Рис. 27. Межгодовая динамика относительного количества вылова трески в Карагинской подзоне на донном ярусном промысле

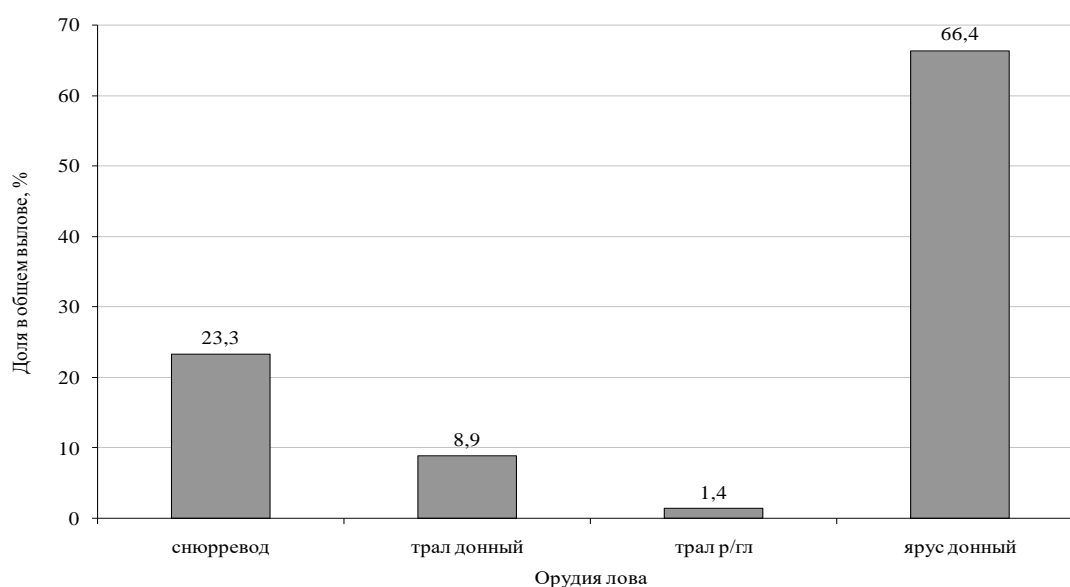


Рис. 28. Средняя доля вылова различными орудиями лова на промысле трески в Карагинской подзоне в 2015–2024 гг.

Из-за сложной ледовой обстановки в зимний период наиболее продуктивным для прибрежного лова трески тралями и снюрреводами в Карагинской подзоне является период с апреля по сентябрь (рис. 29). Интенсивность ярусного промысла достигает максимума в феврале–апреле. Лов ярусами продолжается до декабря.

Стандартизированный с помощью GLM улов на усилие в 2024 г. по сравнению с предыдущими годами еще уменьшился (рис. 18).

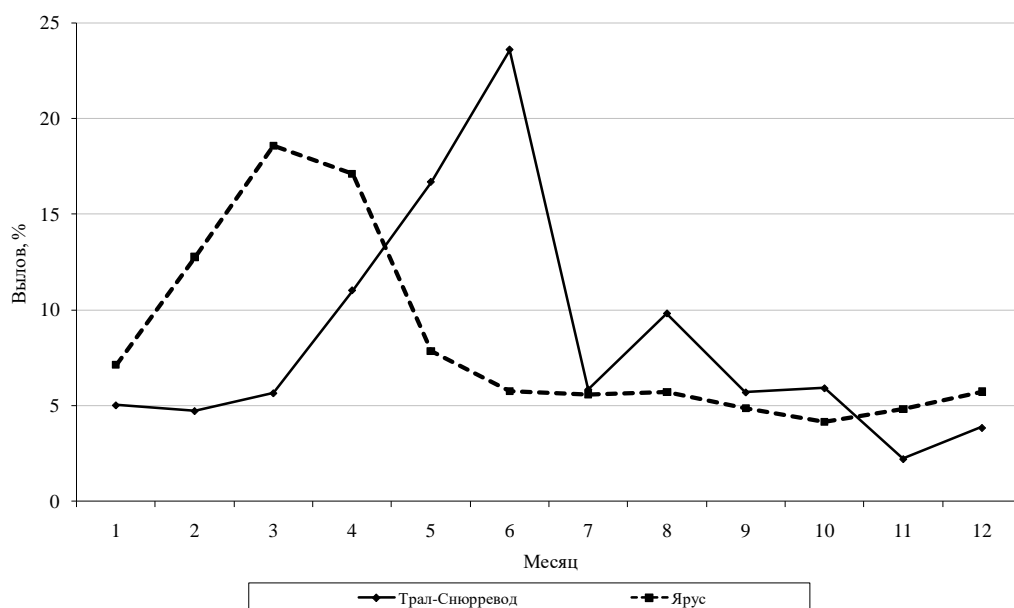


Рис. 29. Осредненная динамика уловов трески по месяцам в 2015–2024 гг. в Карагинской подзоне

Данные по размерному составу трески из тралово-снюрреводных уловов в 2016–2021 и 2024 гг. представлены на рисунке 30. В 2016 г. основу уловов составляли рыбы длиной 30–50 см (78,4%), а в 2017–2018 гг. доминировали особи размерных групп 45–60 см (59,2 и 71,1% соответственно). В 2019–2020 гг. в уловах преобладали рыбы близких размеров – 45–65 см. В 2021 г. в уловах доминировала треска длиной 45–80 см (75,9%). В 2024 г. основу уловов составляли особи длиной 40–55 см (83,8%).

Тралово-снюрреводный промысел в основном базируется на облове 3–4-годовалых особей (рис. 31), чья средняя доля в уловах в рассматриваемый период составляла 50,3%. В 2016 г. для рыб возрастом 3–4 лет этот показатель составил 50,6%, а 1–2-годовиков — 32,5%. В период с 2017 по 2019 гг. отмечено снижение количества молоди с 12,3 до 7,1%, при этом доля 3–4-годовиков варьировала от 48,0 до 50,3%. В 2020 г. наблюдалось снижение доли особей этих возрастных групп в промысловых уловах (до 44,6%). Вклад 1–2-годовиков увеличился до 8,7%. В 2021 г. рыбы этих возрастных групп составляли всего 6,7% уловов. Доля 3–4-годовиков снизилась до 34,4%. В 2024 г. в уловах наблюдалось увеличение количества молоди до 9,9% при абсолютном доминировании группы 3–4-годовиков (83,9%).

В 2020 г. в донных ярусных уловах преобладали 4–7-годовалые рыбы (87,9%) длиной 55–70 см (75,8%). В 2021–2023 гг. основу ярусных уловов составляли 3–6-годовалые рыбы (82,6; 88,3 и 82,8% соответственно) длиной 50–70 см (78,9; 87,1 и 81,2% соответственно). В 2024 г. в уловах доминировали особи длиной 50–65 см (73,4%) и возрастом 3–6 лет (85,6%). Таким образом, доля основных возрастных и размерных групп в ярусных уловах в последние годы практически не изменялась (рис. 32).

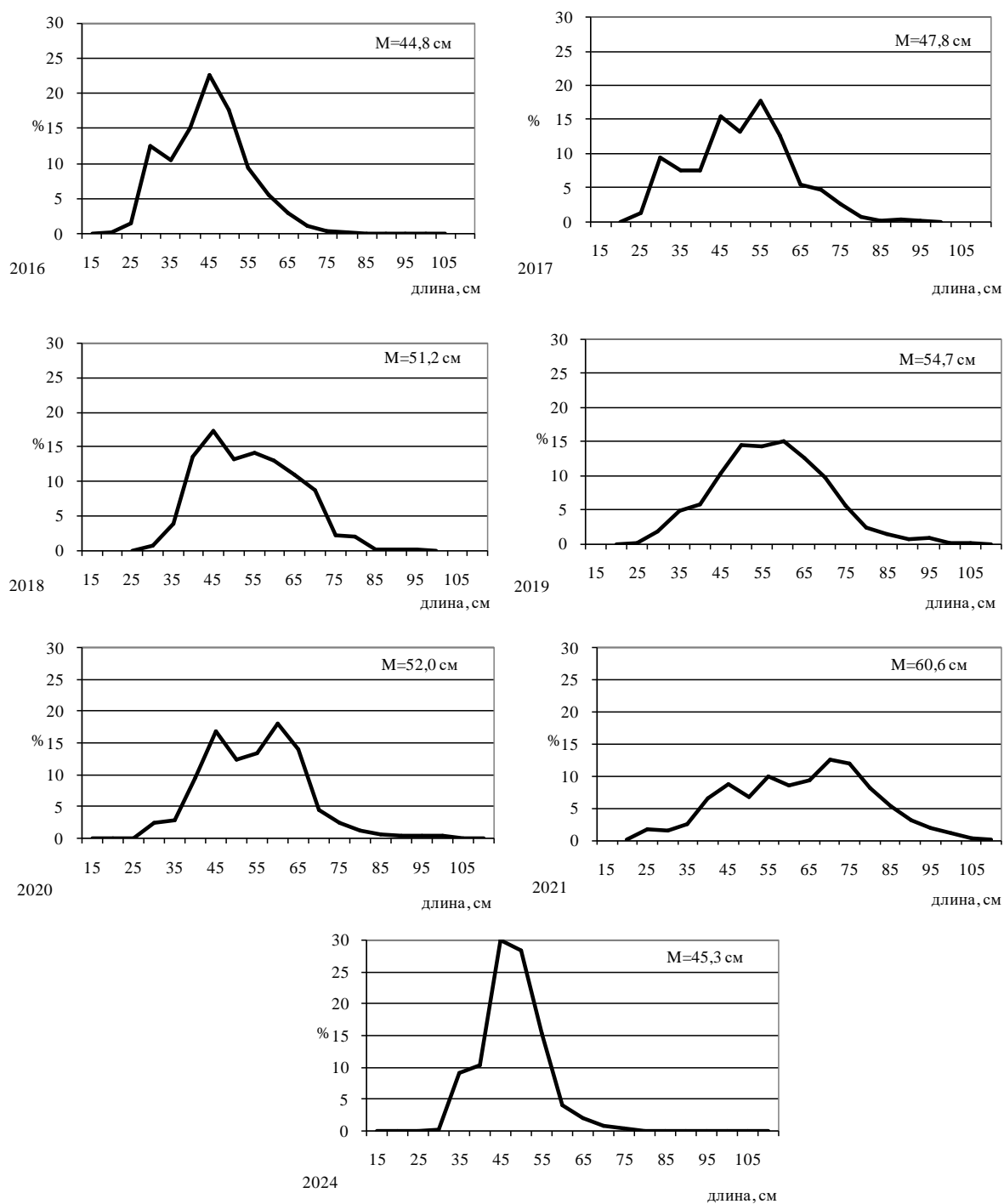


Рис. 30. Межгодовая динамика размерного состава трески в Карагинской подзоне в тралово-снюреводных уловах

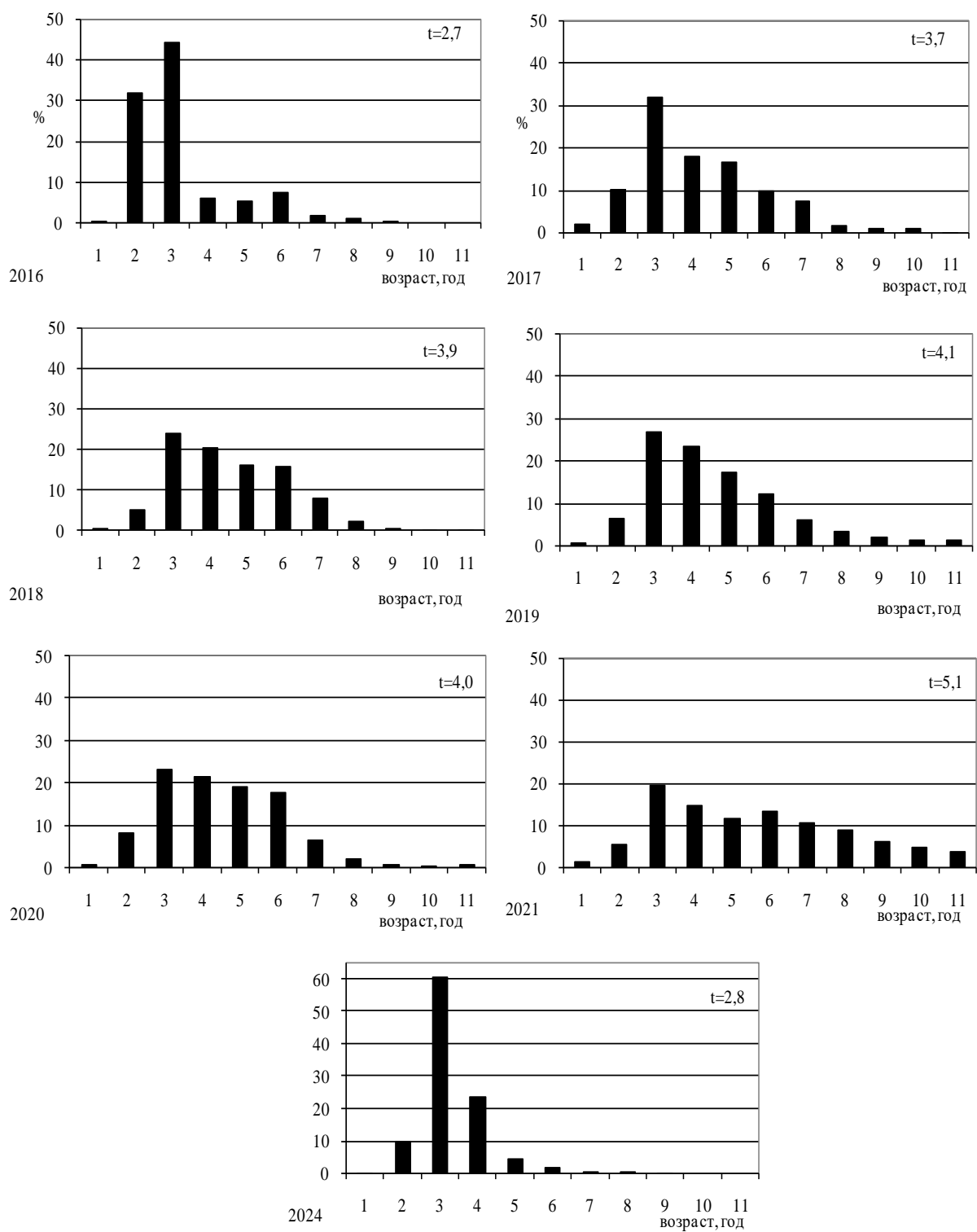


Рис. 31. Межгодовая динамика возрастного состава трески Карагинской подзоны в тралово-снюрреводных уловах

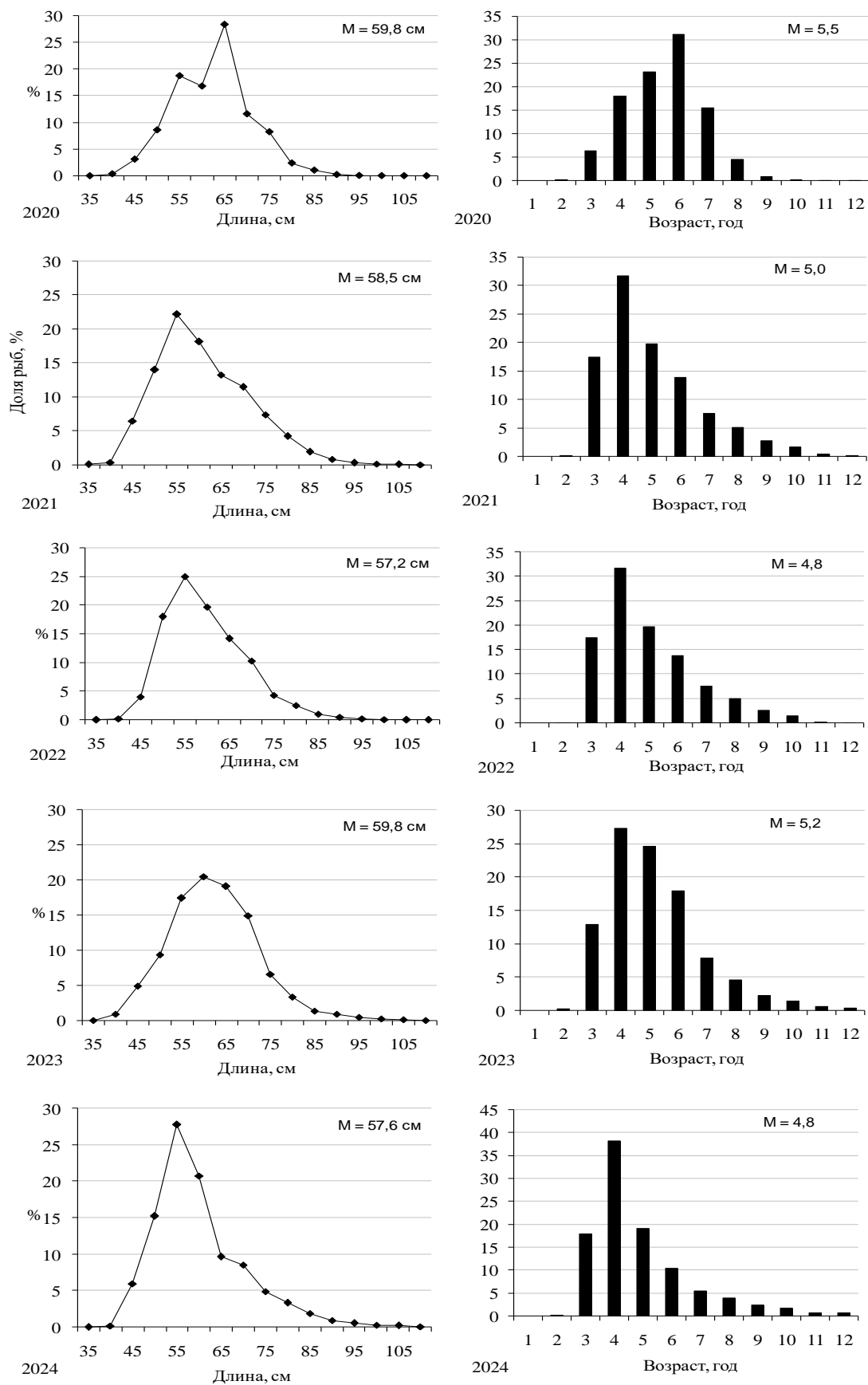


Рис. 32. Межгодовая динамика размерного (слева) и возрастного (справа) составов трески Карагинской подзоны в уловах донным ярусом

Определение биологических ориентиров

С переходом на когортную модель в пространстве состояний в 2023 г. ориентиры управления для карагинской трески были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились.

Вероятностные характеристики оценок некоторых общеизвестных биологических ориентиров [Бабаян, 2000] представлены в таблице 4.

Таблица 4

Статистические характеристики оценок некоторых биологических ориентиров по результатам моделирования методом Монте-Карло

Ориентир	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
$F_{lim}(\text{Caddy})$, 1/год	0,386	0,392	0,417	0,439	0,466	0,509	0,518	0,443	0,035
$F_{msy}(\text{Рикер})$, 1/год	0,243	0,254	0,288	0,311	0,335	0,375	0,400	0,312	0,038
$F_{msy}(\text{Бивертон-Холт})$, 1/год	0,154	0,172	0,222	0,269	0,356	>2	>2	0,446	0,520
$F_{40\%}$, 1/год	0,214	0,215	0,220	0,225	0,232	0,243	0,246	0,227	0,008
$F_{0.1}$, 1/год	0,251	0,254	0,269	0,283	0,302	0,337	0,345	0,287	0,025
F_{med} , 1/год	0,241	0,250	0,292	0,316	0,340	0,377	0,389	0,316	0,038
F_{max} , 1/год	0,468	0,480	0,542	0,610	0,717	0,960	1,024	0,646	0,147
$Fl_{im} \cdot B_{loss}$, 1/год	0,486	0,519	0,615	0,688	0,761	0,904	0,971	0,696	0,128
$Fl_{im} \cdot B_{20bvi}$, 1/год	0,415	0,418	0,431	0,443	0,459	0,486	0,492	0,446	0,020
B_{loss} , тыс. т	13,0	13,5	15,5	17,0	19,1	22,3	23,3	17,5	2,7
$B_{20\%} B_{vir}$, тыс. т	21,4	22,7	27,3	31,0	35,1	44,8	51,2	32,1	8,4
$B_{msy}(\text{Рикер})$, тыс. т	36,7	37,7	41,7	44,8	48,5	56,4	58,3	45,6	5,7
$B_{msy}(\text{Бивертон-Холт})$, тыс. т	4,6	5,8	31,9	42,2	53,0	70,2	80,3	43,0	25,9
$SSB(F_{med})$, тыс. т	33,5	35,5	41,3	45,5	50,8	62,2	67,3	46,8	9,5

Примечание: жирным шрифтом выделены ориентиры, принятые для расчета (пояснения в тексте)

Полученные оценки ориентира F_{msy} с учетом связи «запас-пополнение» [Sissenwine, Shepherd, 1987] и его популярных «заменителей» $F_{0.1}$ и F_{med} оказались довольно близки. Это может говорить об адекватности полученных оценок. В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано медианное значение F_{msy} по зависимости Рикера, т.е. $F_{tr}=0,311 \text{ год}^{-1}$. Граничный ориентир промысловой смертности предварительно определили по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998]: $F_{lim}=0,439 \text{ год}^{-1}$. Величину F_0 приняли равной $0,1 \times F_{tr}=0,031 \text{ год}^{-1}$.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным минимальному значению нерестовой биомассы за моделируемый период: $B_{lim}=17$ тыс. т. Указанное значение вполне может быть принято в качестве граничного ориентира, т.к. запас карагинской трески, по модельным оценкам, уже находился на этом уровне в 2002 г. и не потерял способности к расширенному воспроизводству.

В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее целевому ориентиру по

промысловой смертности на кривой равновесной биомассы:
 $B_{tr}=SSB(F_{tr})=44,8$ тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП трески в Карагинской подзоне, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация с постоянной интенсивностью на уровне F_{tr} . Схема ПРП представлена на рисунке 33.

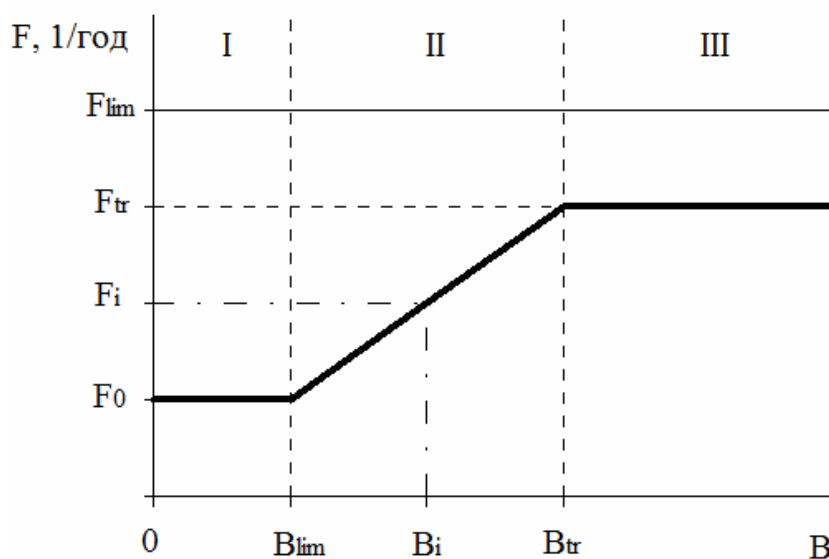


Рис. 33. Схема ПРП трески в Карагинской подзоне

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0, \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло [Metropolis, Ulam, 1949] был выполнен вероятностный прогноз состояния запаса трески в Карагинской подзоне и величины ОДУ на 2026 г.

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использовали те же значения МКЕС, среднемноголетнюю среднюю массу и долю половозрелых рыб по возрастам (рис. 17), что и в ретроспективе. Массу особей по возрастным группам и коэффициенты селективности по возрастам в прогнозный период принимались равными средним за последние 10 лет (рис. 23). Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. соответствует величине ОДУ, равной 9,9 тыс. т.

В качестве пополнения запаса карагинской трески на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет величину годовиков (рис. 22). Её оценка в 2025–2026 гг. составит 49,66 млн экз.

Точечные оценки численности и биомассы трески Западной Камчатки в возрасте 2 года и старше в 2024–2026 гг. представлены в таблице 5.

Таблица 5

Статистические характеристики оценок биомассы нерестового запаса (SSB) и возможного вылова (C) карагинской трески в 2025–2026 гг.

Параметр	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
SSB(2025), тыс. т	20,36	25,22	28,57	31,99	39,35	28,88	5,92
SSB(2026), тыс. т	18,20	24,24	29,62	36,42	52,82	32,03	12,20
C(2026), тыс. т	1,16	3,45	6,45	12,17	27,69	9,70	9,65

Примечание: жирным шрифтом выделены принятые величины (пояснения в тексте)

На каждой реализации метода Монте-Карло параметры модели зашумляются внесением ошибки, имеющей логнормальное распределение. Ковариационная матрица этой ошибки оценивается в модели. Далее, полученные на каждой реализации терминальные оценки численности запаса зашумляются с учетом ковариационной матрицы ошибки оценивания состояния, и с помощью обращенной вперед когортной процедуры моделируется динамика запаса на перспективу. После проведения большого числа реализаций ($n=1000$) осуществляется статистическая обработка полученной выборки.

Статистические характеристики модельного распределения оценок нерестовой биомассы по результатам вероятностного прогноза представлены в таблице 5.

Согласно вероятностному прогнозу, на начало 2025 г. средняя оценка нерестового запаса составит 28,88, тыс. т, а начало 2026 г. — 32,03 тыс. т. Оценка вероятности снижения нерестовой биомассы в 2025 и 2026 гг. ниже граничного ориентира по биомассе составила 2 и 3% соответственно, ниже целевого ориентира — 98 и 89% соответственно.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

На начало 2026 г. средняя оценка биомассы нерестового запаса составит 32,03 тыс. т, что соответствует области восстановления эксплуатируемого запаса (режим II на рис. 34). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности в 2026 г. составит 0,158 год⁻¹.

Согласно ПРП, средняя оценка возможного вылова трески в Карагинской подзоне в 2026 г. составит 9,7 тыс. т.

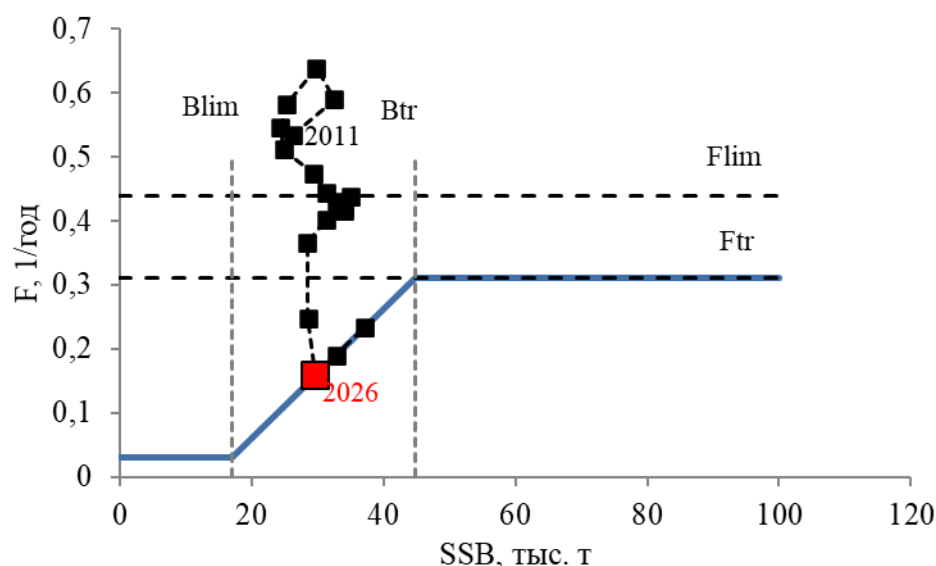


Рис. 34. Реализация правила регулирования промысла

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при среднемноголетней величине пополнения биомасса нерестового запаса трески в Карагинской подзоне не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 35).

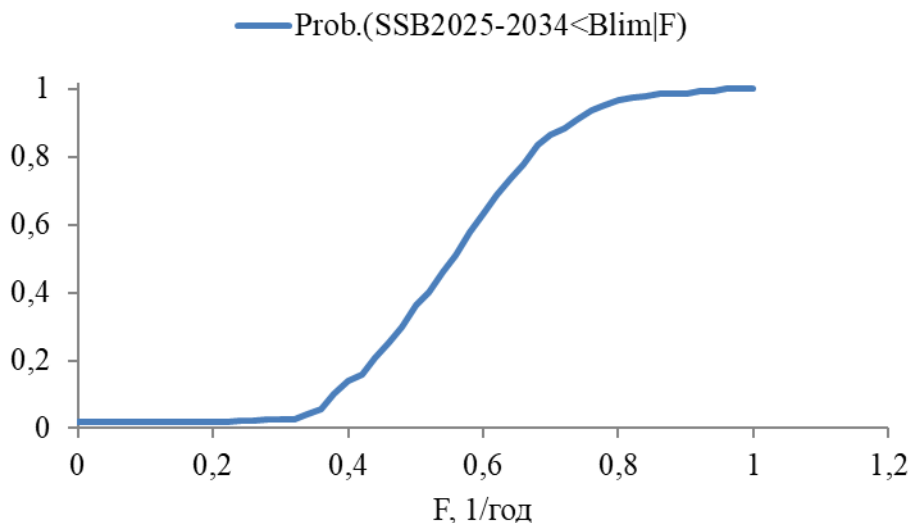


Рис. 35. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелома по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000].

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при среднемноголетней (за последние 10 лет) величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 36, при соблюдении ПРП после 2025 г. запас трески с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет восстанавливаться до уровня целевого ориентира по биомассе. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований отказываться от предлагаемой стратегии управления, она является эффективной.

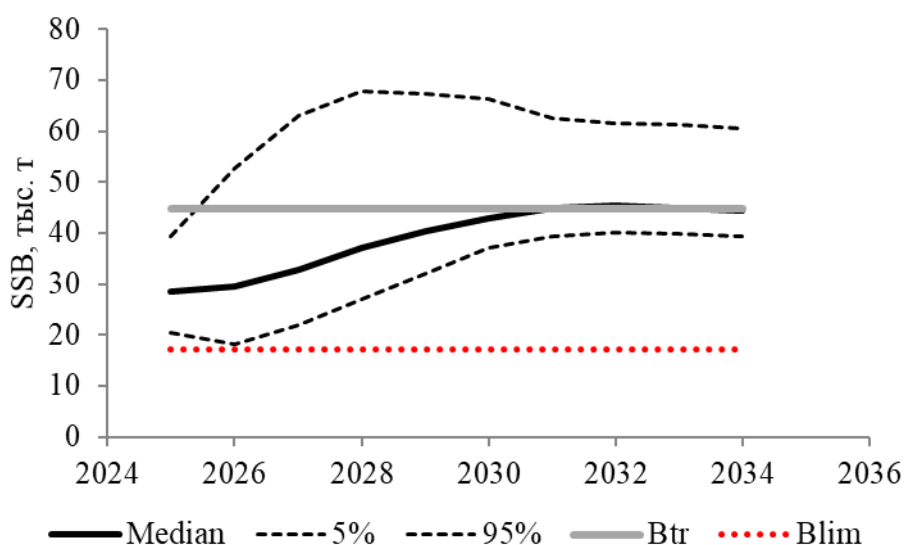


Рис. 36. Процентили распределения биомассы нерестового запаса карагинской трески при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000], то нет оснований для пересмотра стратегии управления. Проведенный анализ показал, что риски перелома по пополнению и по росту при рекомендуемой величине ОДУ на 2026 г., равной 9,7 тыс. т, не превышают уровня $\alpha = 0,1-0,2$ (рис. 37). Следовательно, величина ОДУ приемлема.

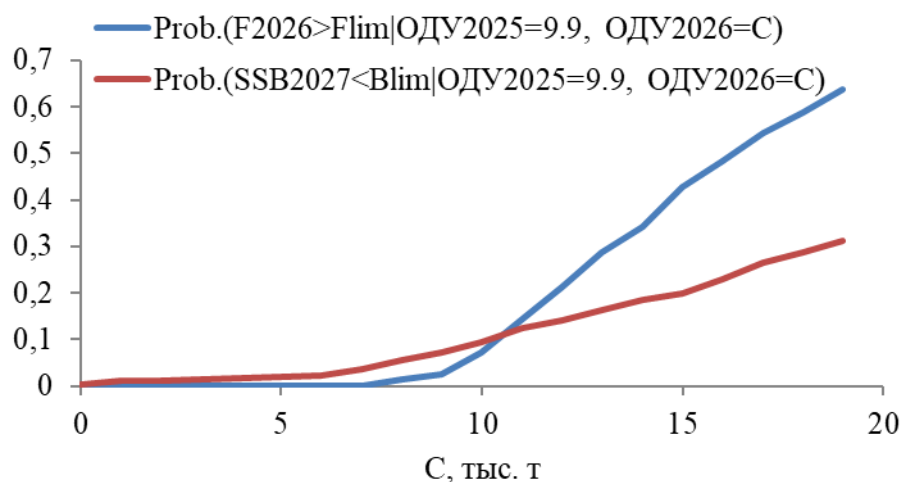


Рис. 37. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Карагинской подзоны в 2026–2027 гг.

Окончательный вид ПРП трески Карагинской подзоны с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2011 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 34.

Таким образом, **ОДУ трески в Карагинской подзоне в 2026 г. составит 9,700 тыс. т.**

61.02.2 - Петропавловско-Командорская подзона

Исполнители: Д.А. Терентьев, О.И. Ильин» («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ информационного обеспечения прогноза

Основой для оценки текущего и перспективного состояния запаса, определения ОДУ трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2026 г. послужили следующие данные:

— материалы, собранные сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО» в Петропавловско-Командорской подзоне в 2024 г.: в феврале — на рыбообрабатывающем предприятии ООО «Камчаттралфлот» (снюрревод, массовые промеры (МП) — 216 экз.), в марте — на п/з «Виктор Гаврилов» (снюрревод, МП — 1522 экз.) и на СРТМ «Геркулес» (донный трал, МП — 378 экз.);

— стандартизированные по полигонам результаты учетной донной траловой съемки, выполненной в июле 2024 г. в Кроноцком и Авачинском заливах на МРТК-316 (62 траления на глубинах 26–216 м, МП — 265) (рис. 38);

— результаты донных траловых съемок (1999, 2016, 2017–2023 гг.), многолетние данные о биологическом состоянии трески в промысловых уловах с 1980 по 2023 гг.,

— данные оперативной отчетности предприятий (ООП) и судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

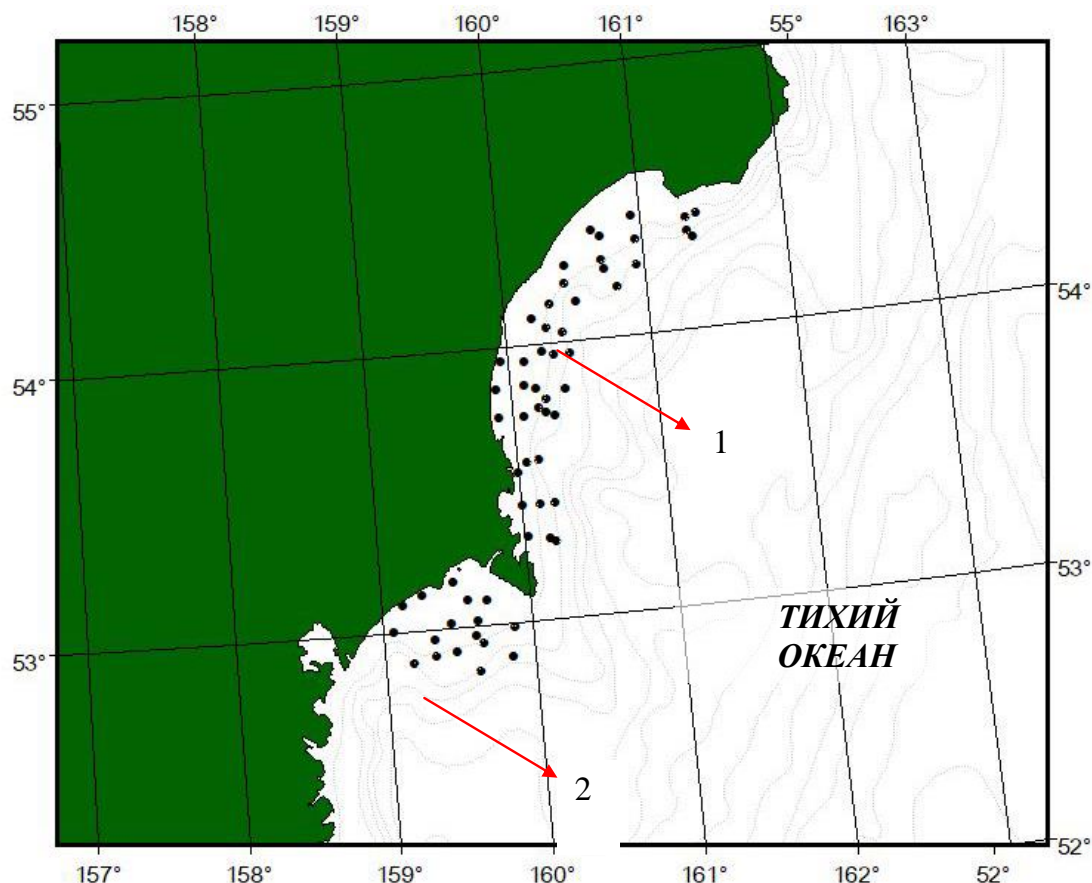


Рис. 38. Схема станций донной траловой съемки, выполненной в Петропавловско-Командорской подзоне в июле 2024 г.: 1 — Кроноцкий залив, 2 — северная часть Авачинского залива

Сведения об общем вылове трески в 2012–2023 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях,

стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для трески в Петропавловско-Командорской подзоне в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1990 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса на стандартных полигонах по результатам донных траловых съемок.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

С 2023 г. для оценки состояния запасов трески Петропавловско-Командорской подзоны применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Она учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — логистический:

$$s_{t,a} = \frac{1}{1 + \exp(-r_{1t}(a - r_{2t}))} \quad S1)$$

где: $r_{1t}r_{2t}$ — параметры, a — возраст. Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = [\ln N_{t,2}, \dots, \ln N_{t,12}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}]^T,$$

где $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения —

$$y_t = [\ln C_{t,2}, \dots, \ln C_{t,12}, \ln I_t^1, \ln I_t^2]^T.$$

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса (стандартизованный улов на усилие), I_t^2 — индекс общей биомассы запаса.

При моделировании запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны предполагается, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$, $\sigma_R = 1.0$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2);$$

— шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \Sigma_C)$.

Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам Σ_C предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы Σ_C — типа авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$.

Для коэффициента естественной смертности Петропавловско-Командорской подзоны выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.25^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными.

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Исходные данные следующие:

— матрица вылова (млн экз.) трески по возрастным группам (2–12 лет) и годам промысла (1990–2024 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному на основе определений возраста рыб по отолитам в 1990–2024 гг.; отдельно рассчитывали матрицу вылова для ярусного и снюрреводного промысла, затем полученные данные суммировали. Поскольку в 2024 г. не удалось собрать данные по размерно-возрастному составу трески на донном ярусном промысле, для расчетов использовали среднемноголетние данные за 2020–2023 гг.

— среднемноголетняя масса рыб за период 1990–2024 гг. по возрастам;

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная с использованием результатов массовых промеров трески со вскрытием в осенне-зимний период (рис. 39).

В качестве настроечных индексов для модели использовали уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) в 2003–2024 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа СЯМ, ведущих промысел донным ярусом в декабре (рис. 40). В качестве предикторов выбраны факторы года, месяца, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R.

Обычно в качестве индекса состояния запаса для настройки модели используются также результаты учетных съемок. Одним из основных методов учета запасов донных видов рыб, являются донные траловые съемки. В отличие от Охотского моря, такие работы в тихоокеанских водах Камчатки проводятся крайне нерегулярно. Полноценные донные траловые

съемки в этом районе были выполнены в 1984, 1999, 2002 гг. В 2010–2014 гг. проводились снюрреводные съемки. Из-за отсутствия сведений об уловистости учетного снюрревода, результаты этих исследований практического применения не получили.

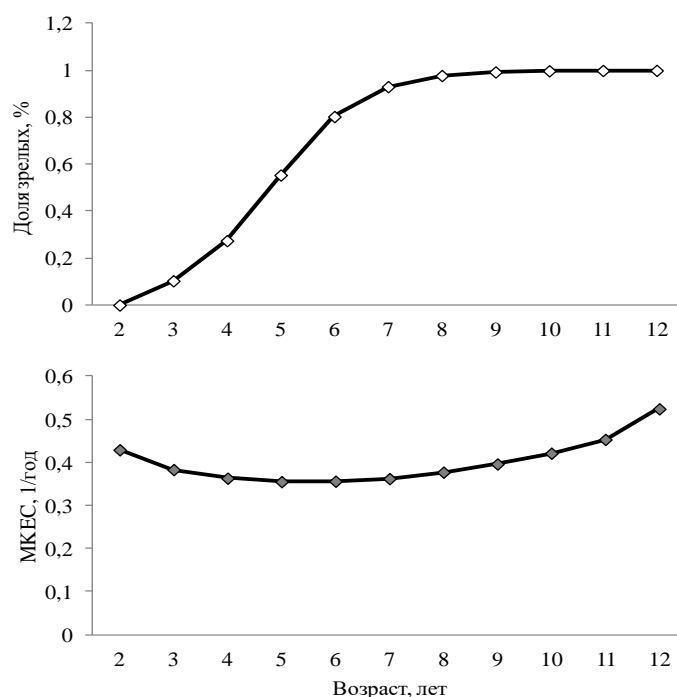


Рис. 39. Исходные данные по треске Петропавловско-Командорской подзоны для расчетов с использованием модели «Синтез»

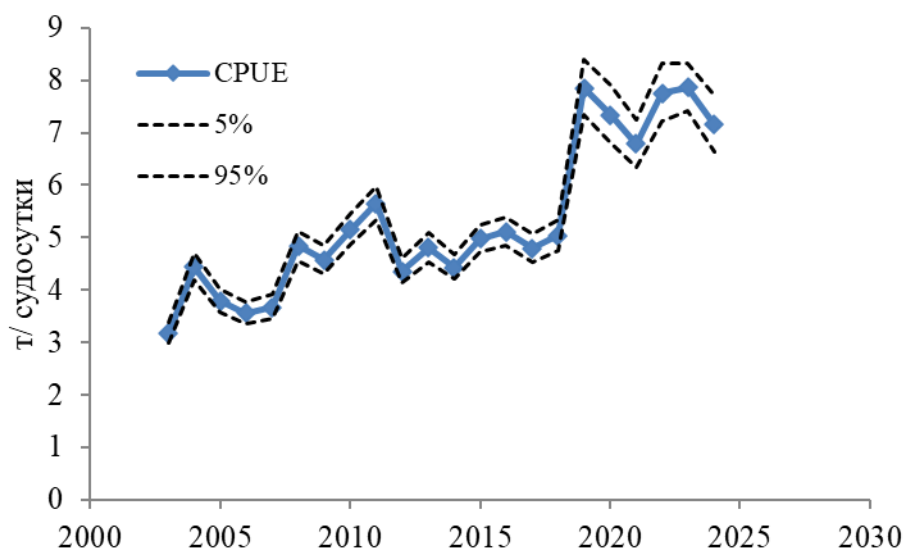


Рис. 40. Межгодовая динамика стандартизованных уловов на усилие трески Петропавловско-Командорской подзоны

С 2016 г. «КамчатНИРО» возобновил учетные работы донным тралом силами собственных научно-исследовательских судов. Для этих целей были разработаны специальные учетные тралы, пригодные для использования на

судах типа МРТК, отработана схема бесконтактной передачи трала с уловом с одного судна на другое.

Ранее было показано [Савин, 2014], что к лету часть восточнокамчатской трески мигрирует на север в Камчатский и Карагинский заливы. Заметим, что по результатам съёмок, выполненных в 1999 и 2002 гг. в Петропавловско-Командорской подзоне, наибольшие величины уловов наблюдались именно на шельфе Камчатского залива [Варкентин и др., 2019]. Так как учётные работы после 2002 г. на этой акватории не проводились, полученные оценки характеризуют лишь часть запасов трески. В этой связи использовать эти данные в качестве индекса общей биомассы не представляется возможным. Тем не менее, в качестве дополнительной информации материалы донных траловых съёмок приведены в настоящем обосновании.

Результаты исследований 1999, 2002, 2016–2024 гг. были стандартизированы по полигонам (рис. 38). На акватории исследований выделили 3 полигона (полигон 1 — Кроноцкий залив, полигон 2 — северная часть Авачинского залива, полигон 3 — юго-восточная Камчатка). Размеры полигонов определяли так, чтобы в его границы попало как можно большее количество станций. Приоритетными, с точки зрения оценки запасов трески, являются полигоны в Кроноцком и в северной части Авачинского заливов [Варкентин и др., 2019].

Плотность рыб и величину запасов оценивали отдельно для каждого полигона методом зональных средних [Аксютин, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcView Gis 3.3. При оценке запасов коэффициент уловистости для всех видов рыб принимали равным 1. Подробно алгоритм расчетов представлен в работе А.И. Варкентина с соавторами [2019].

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. По результатам донной траловой съёмки летом 2024 г. наибольшие скопления трески наблюдали в Кроноцком заливе (рис. 41).

В последние годы максимальная биомасса вида была зафиксирована в 2019 г., затем ее величина стала снижаться и в 2022 г. достигла наименьших показателей за период 2016–2022 гг. (табл. 6). В 2023 г. на стандартных полигонах при K_y , равном 1, было учтено 1,723 млн экз. или 2,945 тыс. т. В 2024 г., по объективным причинам, были обследованы только полигоны в Кроноцком и Авачинском заливах. На первом зарегистрированы максимальные за последние 10 лет показатели численности и биомассы, что косвенно свидетельствует о благополучном состоянии запасов.

Некоторые сведения о размерно-возрастном составе трески на полигонах по результатам донных траловых съёмок представлены на рисунках 42–43.

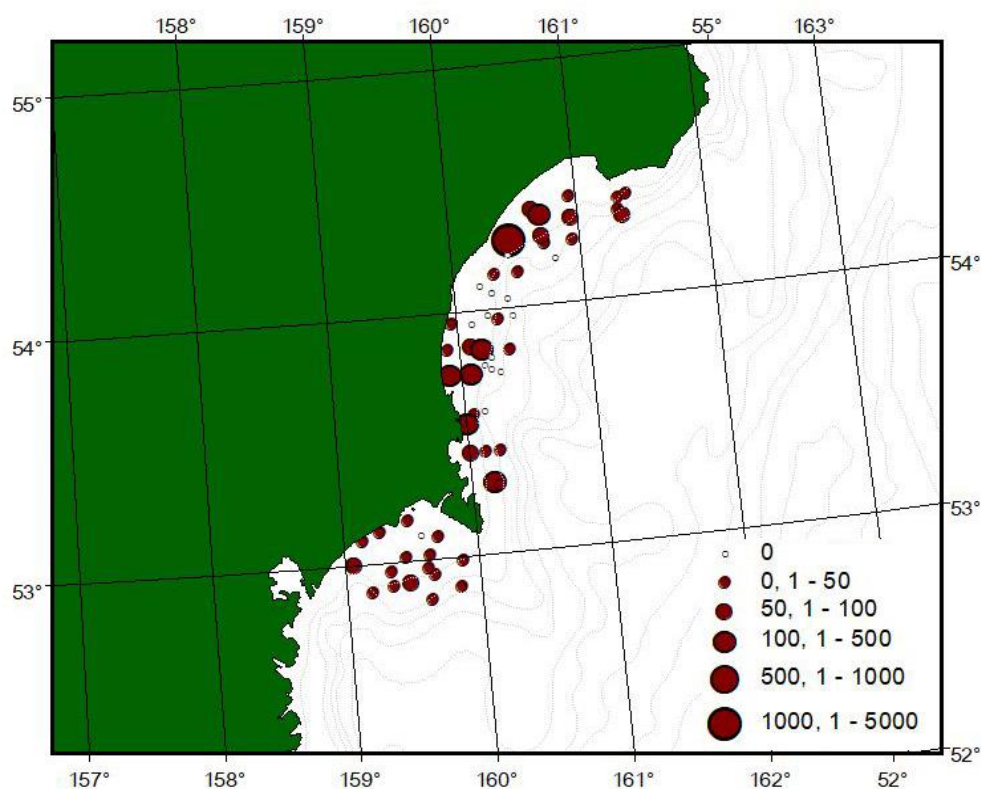


Рис. 41. Пространственное распределение уловов трески (кг/ч траления) по результатам донной траловой съемки в Петропавловско-Командорской подзоне в июле 2024 г.

Таблица 6
Межгодовая динамика индекса общей численности (N) и биомассы (B) трески ($K_y=1$) по полигонам и годам в Петропавловско-Командорской подзоне по результатам донных траловых съемок

Год	Полигон*	N, млн экз.			B, тыс. т		
		1	2	3	1	2	3
2016		1,510	0,981	0,349	0,525	0,690	0,178
2017		—	2,022	0,489	—	1,156	1,150
2018		2,236	0,483	0,491	3,250	0,501	0,639
2019		1,776	1,163	1,411	3,242	0,872	1,621
2020		1,272	0,240	0,612	2,637	0,251	1,014
2021		0,603	0,121	0,557	2,264	0,113	0,894
2022		0,247	0,346	0,300	0,468	0,132	0,260
2023		1,575	0,095	0,053	2,709	0,112	0,124
2024		2,160	0,613	—	4,188	0,627	—

Примечание: 1 — Кроноцкий залив; 2 — северная часть Авачинского залива; 3 — юго-восток Камчатки; «—» — нет данных

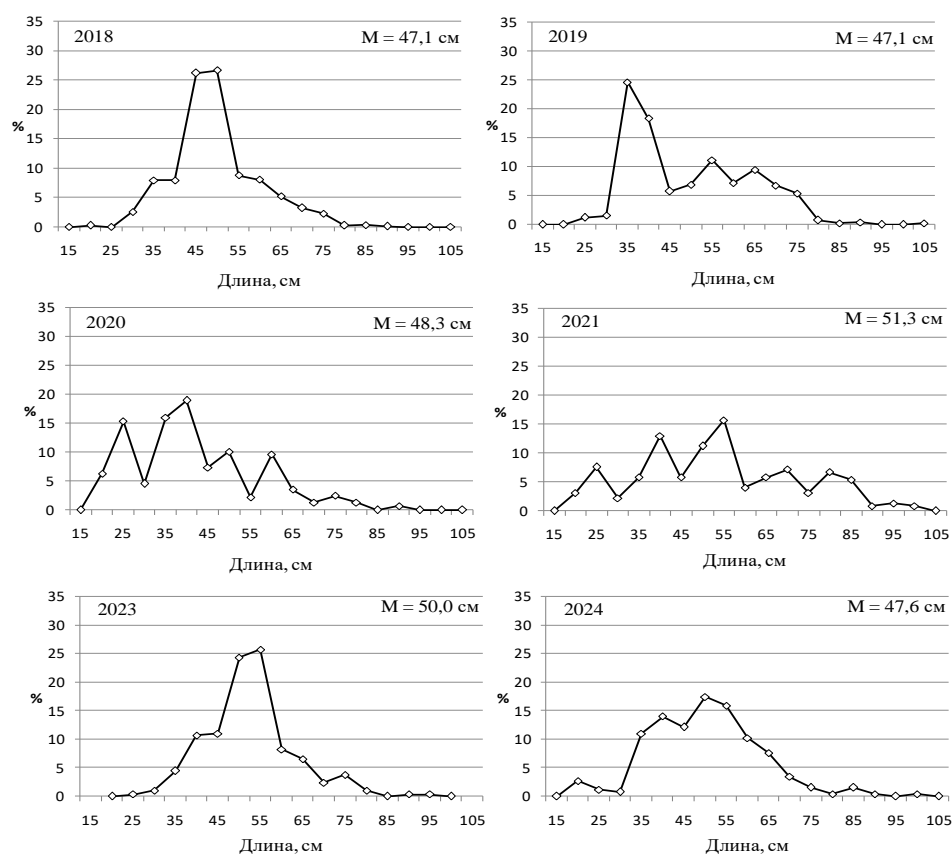


Рис. 42. Межгодовая динамика размерного состава трески по результатам донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне

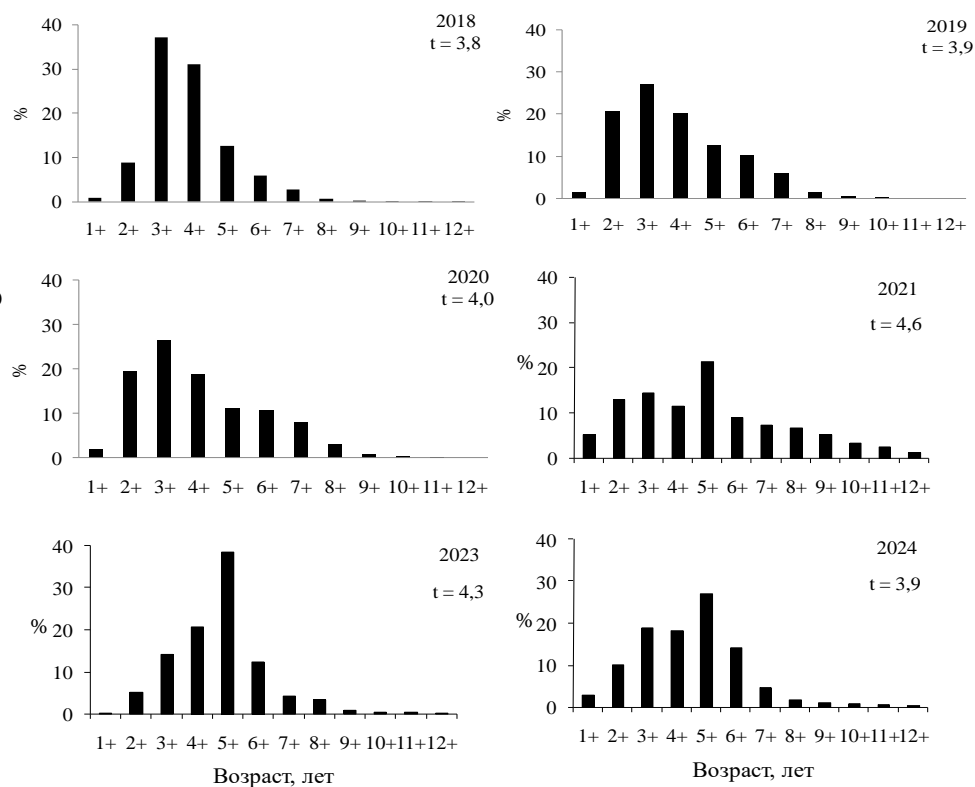


Рис. 43. Межгодовая динамика возрастного состава трески на полигонах по результатам донных траловых съемок в Петропавловско-Командорской подзоне

В 2017 и 2019–2020 гг. преобладали особи длиной 35–55 см и возрастом 2+...4+. В 2018 г. в уловах доминировали особи генераций 2014–2015 гг. длиной 45–50 см (52,9%). В 2021 г. наибольшая доля в уловах приходилась на рыб длиной 40 см (13%) и 50–55 см (26,9%), возрастом 3+–5+. В 2023 г. преобладали особи длиной 50–55 см (50%), в возрасте 4+–5+. В целом, с 2017 г. по 2021 г. средние значения длины и возраста рыб неуклонно росли, а в 2023 г. оставались на уровне 2021 г., что может указывать на отсутствие урожайных поколений. Из-за малого количества промеров, построить размерно-возрастной состав трески по результатам донной траловой съемки в 2022 г. не представилось возможным. В 2024 г. в уловах доминировали рыбы модальной группы 40–55 см (59,3%) возрастом 3+–5+.

По модельным оценкам, на начало 2024 г. запас трески по общей биомассе составил 152,2 тыс. т, по промысловой — 77,8 тыс. т, по нерестовой — 85,4 тыс. т (рис. 44).

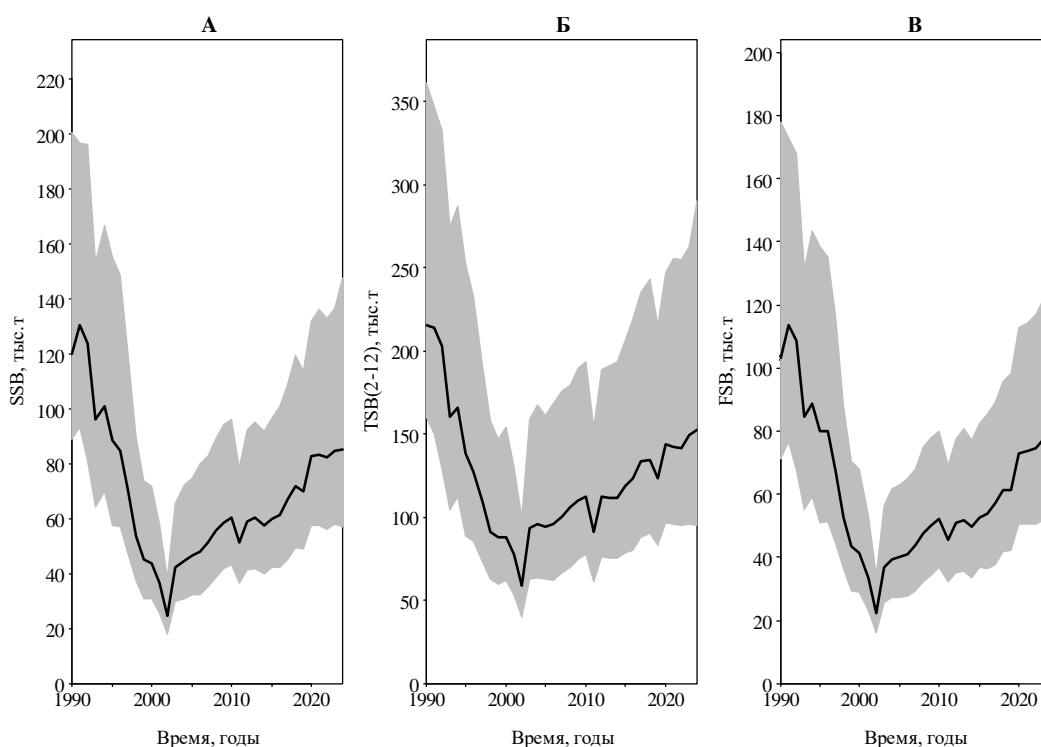


Рис. 44. Межгодовая динамика биомассы нерестового (А), общего (Б) и промыслового (В) запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности составила $0,362 \text{ год}^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,145.

Кратко характеризуя динамику запасов трески Петропавловско-Командорской подзоны по результатам модельных оценок, отметим длительное снижение биомассы, как общего, так и нерестового запаса с 1990 г. до первой половины 2000-х гг. После этого начался период постепенного роста ресурсов, который продолжается и в настоящее время.

Численность поколений 2013–2021 гг. оценивается выше среднегололетнего уровня (рис. 45).

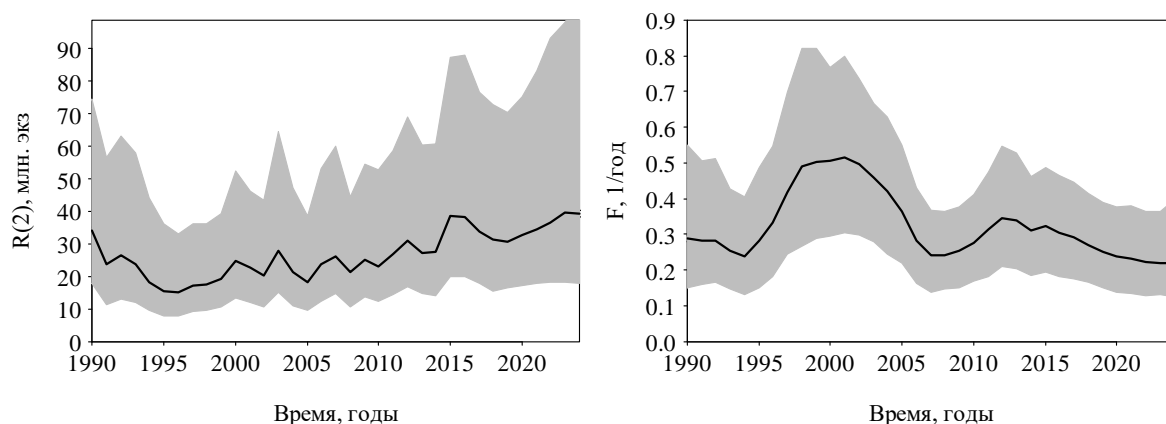


Рис. 45. Межгодовая динамика биомассы пополнения (слева), и коэффициентов промысловой смертности (справа) трески Петропавловско-Командорской подзоны. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок.

Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности селективно полностью изымаемых рыб представлена на рисунке 45. Видно, что в последнее время пресс промысла на запас уменьшился.

Ретроспективная динамика возрастных коэффициентов селективности трески Петропавловско-Командорской подзоны представлена на рисунке 46.

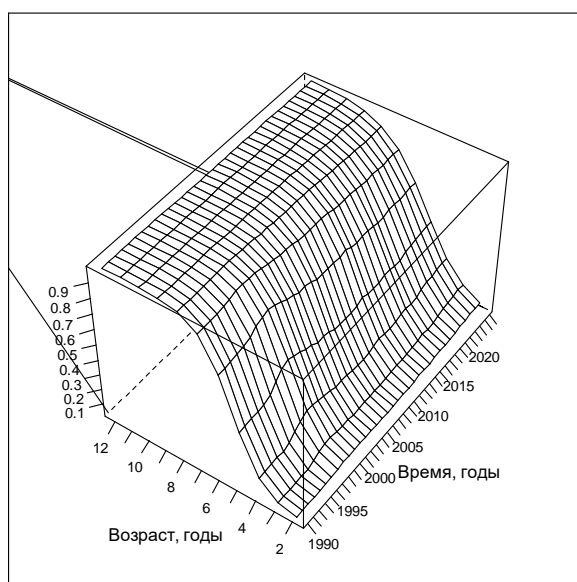


Рис. 46. Динамика возрастных коэффициентов селективности трески Петропавловско-Командорской подзоны

Межгодовая динамика модельных и наблюдаемых значений индекса промыслового запаса трески представлена на рисунке 47. В используемой модели используется предположение о нормальном распределении

отклонений между натуральными логарифмами наблюдаемых значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математического ожидания этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованного в модели индекса запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p < 0,05$.

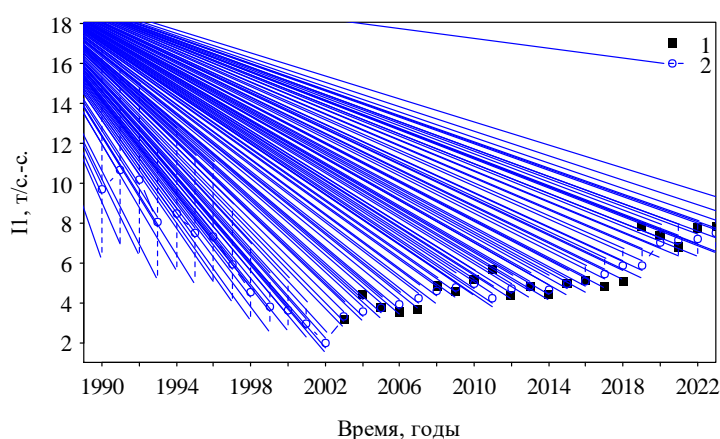


Рис. 47. Наблюдаемые значения стандартизованного улова на усилие (1) и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2)

Результаты проверки модели на наличие ретроспективной смещенности представлены на рисунке 48. Значение показателя Мона ρ для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило 1,5%. Хуртадо-Ферро с соавторами [Hurtado-Ferro et al, 2015] предложено считать нижним пороговым значением показателя Мона ρ для долгоживущих видов -15%, верхним — +20%. Треска относится к видам со средней продолжительностью жизни, поэтому есть основания полагать, что значимая ретроспективная смещенность модельных оценок нерестовой биомассы трески Петропавловско-Командорской подзоны отсутствует.

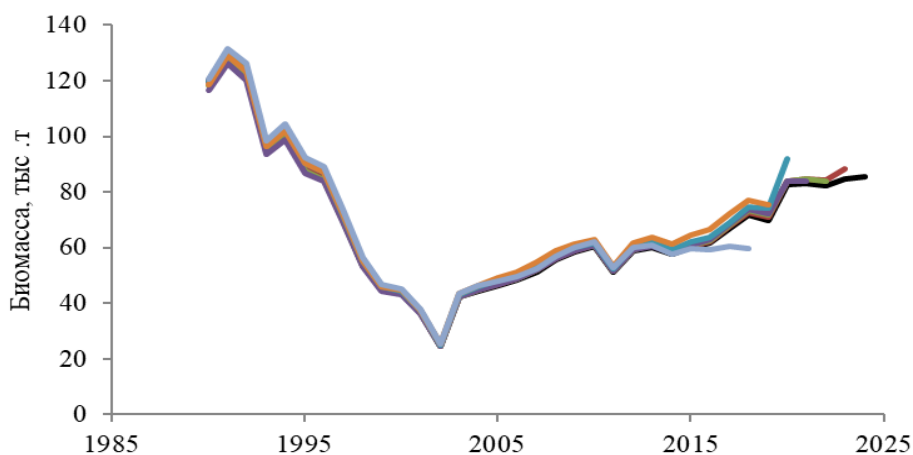


Рис. 48. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы

Промысел. Юго-восточное побережье Камчатки, заливы Авачинский, Кроноцкий и Камчатский традиционно являются районами активного лова тихоокеанской трески. Начало ее промысла советскими предприятиями относится к 1926–1928 гг. Основные добывающие базы на восточном побережье Камчатки организовывались практически во всех заливах к северу от м. Лопатка. В основном лов трески вели с маломерных моторизованных единиц на удочки и яруса, и ее облов производился на незначительном удалении от баз обработки в пределах 10–15 миль.

До середины 1950-х гг. ярусно-удебный лов трески существовал в первозданном виде. Новый этап освоения запасов трески у берегов Камчатки начался в 1954–1955 гг. с изъятием трудоёмких в использовании ярусов и внедрением в практику промысла снюрреводов. Однако ожидаемого резкого увеличения промысловых показателей не последовало. Осредненные по пятилетиям годовые уловы тихоокеанской трески в заливах Восточной Камчатки изменялись в 1955–1970 гг. от 2,0 до 6,0 тыс. т. Очевидно, что столь невысокий вылов был обусловлен низким уровнем запасов.

Расцвет трескового промысла пришелся на 1980–1990-е гг., когда за счет появления во второй половине 1970-х гг. нескольких урожайных поколений трески произошло резкое увеличение ее численности и промысловой биомассы практически во всех районах Северной Пацифики, что сразу же отразилось на величине годовых уловов. Так, по тихоокеанскому побережью Камчатки вылов возрос с 2,4 тыс. т (в 1979 г.) до 74,5 тыс. т (в 1986 г.), т.е. более чем в 30 раз, после чего резко пошел на спад.

В 1991–1995 гг. уловы трески у восточного побережья Камчатки по сравнению с предыдущим пятилетием сократились практически вдвое. К этому же периоду относится возобновление ее промысла ярусами, но уже на новом уровне организации этого вида промысла.

С 2015 по 2024 гг. общий вылов трески Петропавловско-Командорской подзоны изменялся от 11,6 (2018 г.) до 14,3 (2019, 2023 гг.) тыс. т. В 2024 г. вылов составил 14,1 тыс. т, или 95,9% ОДУ (табл. 7).

Таблица 7

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ трески в Петропавловско-Командорской подзоне

Год	ОДУ, тыс. т	Общий вылов, тыс. т	Освоение ОДУ, %
2015	14,4	12,4	86,1
2016	15,1	13,0	86,1
2017	13,8	13,3	96,4
2018	13,2	11,6	87,9
2019	15,0	14,3	95,3
2020	15,4	13,4	87,0
2021	15,4	13,9	90,3
2022	13,4	12,1	90,3
2023	14,9	14,3	96,0
2024	14,7	14,1	95,9
Среднее	14,5	13,2	91,0

Вылов донным ярусом за последние 10 лет варьировал от 2,9 (2015 г.) до 4,7 тыс. т (2019 г.) (рис. 49). В 2020–2024 гг. доля вылова трески ярусами в среднем равнялась 32,9%, а снюрреводами — 61,5% (рис. 50).

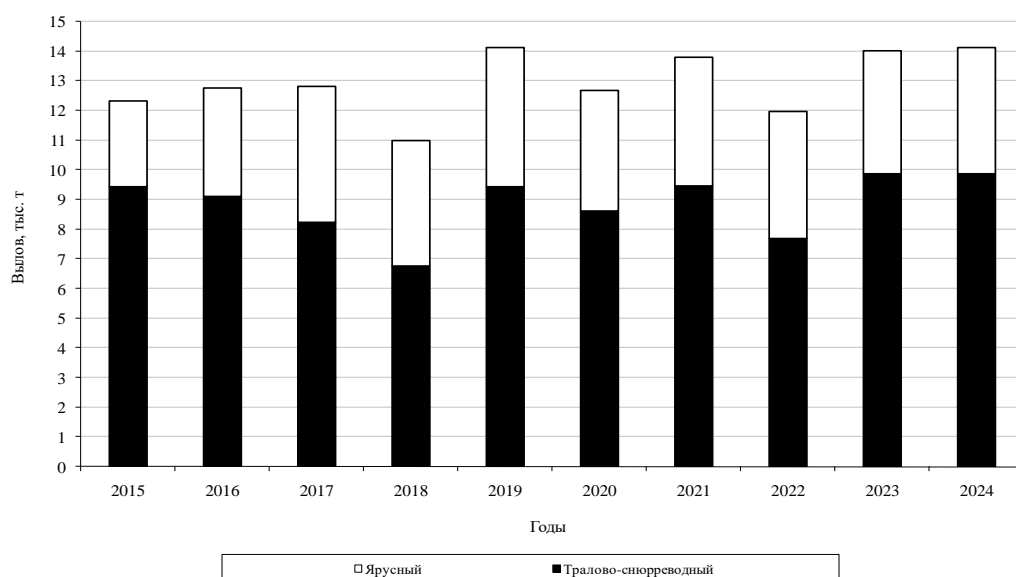


Рис. 49. Межгодовая динамика вылова трески в Петропавловско-Командорской подзоне на ярусном и тралово-снюрреводном промыслах

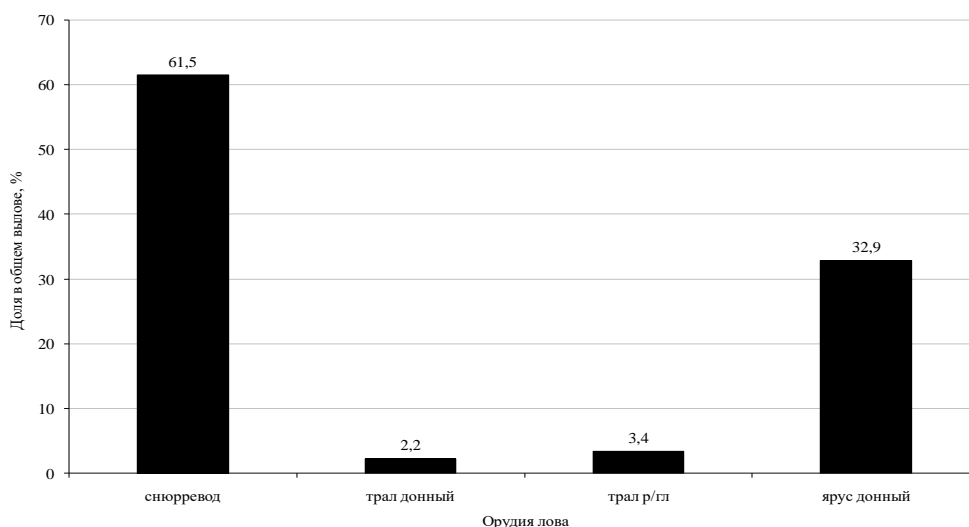


Рис. 50. Средняя доля различных орудий лова на промысле трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2020–2024 гг.

Наиболее результативный лов трески проходит в зимне-весенние месяцы (январь–апрель), когда доступными для промысла становятся преднерестовые и нерестовые скопления. После нереста основная масса трески рассредоточивается и мигрирует на мелководье на откорм, промысловые показатели при этом, как правило, резко снижаются. Интенсивность летнего промысла тихоокеанской трески существенно ниже зимнего (рис. 51).

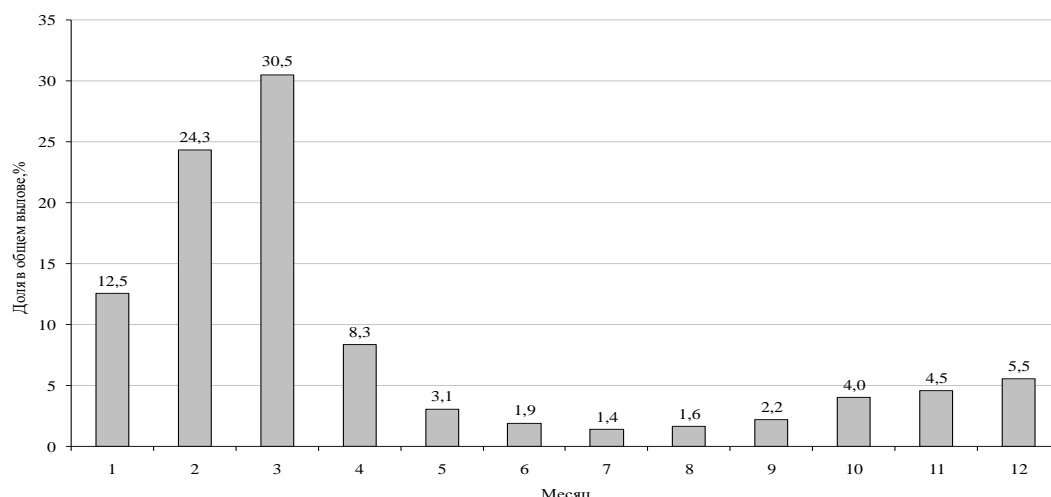


Рис. 51. Среднегодовое (2015–2024 гг.) распределение вылова трески по месяцам в Петропавловско-Командорской подзоне

Стандартизированный улов на усилие в 2024 г. по сравнению с 2023 г. уменьшился, но по-прежнему оставался на довольно высоком уровне (рис. 40).

Данные о размерном составе трески из тралово-снюрреводных уловов свидетельствуют о том, что в 2018 г. основу уловов составляли рыбы длиной 45–60 см (64,2%) (рис. 52).

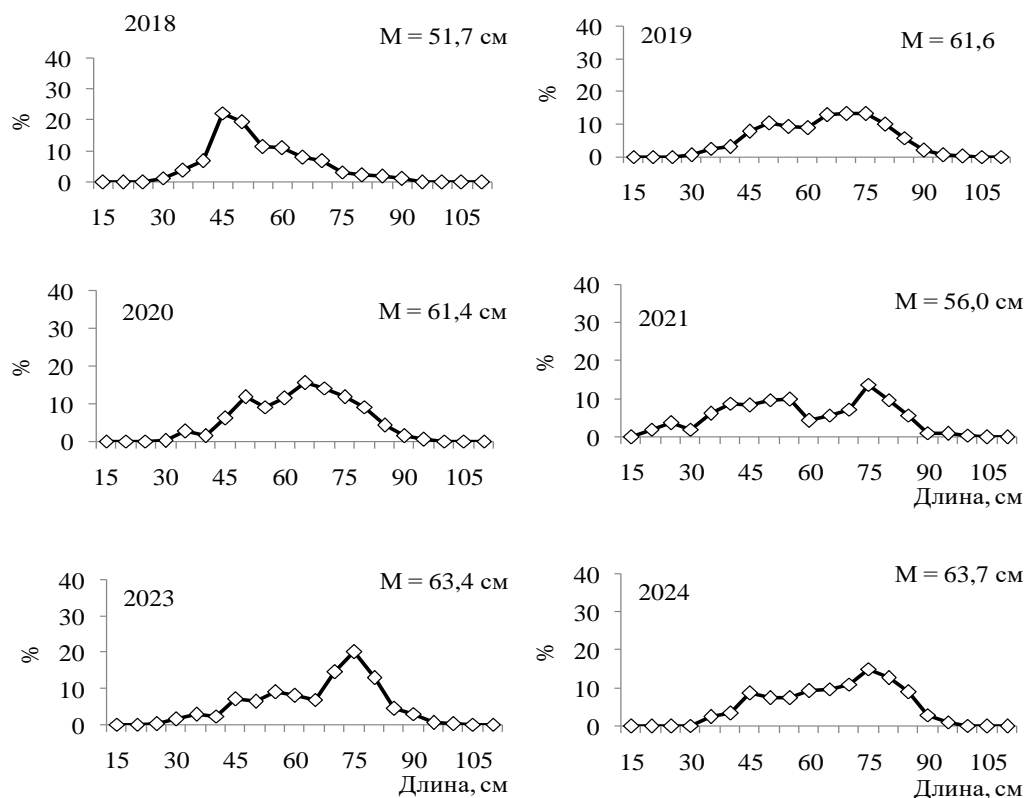


Рис. 52. Межгодовая динамика размерного состава трески в тралово-снюрреводных уловах в Петропавловско-Командорской подзоне (M — средняя длина, см)

В 2019–2020 гг. превалировали более крупные рыбы длиной 50–75 см (68,0 и 74,0%, соответственно), а в 2021 г. — особи двух модальных групп: 40–55 см (37,0%) и 70–80 см (30,8%). В 2022 г. репрезентативные данные на этом виде промысла отсутствуют. В 2023 г. в уловах преобладали рыбы длиной 70–80 см (47,5%), а в 2024 г. — 65–80 см (48,3%).

В 2018 г. основными возрастными группами были рыбы в возрасте 3–6 лет (78,5%). В 2019–2020 гг. доминировали рыбы возраста 5–8 лет (66,2 и 71,6% соответственно) (рис. 53). В 2021 г. преобладающими возрастными группами были особи в возрасте 3–5 (39,2%) и 8 (14,7%) лет. В 2023 г. основу уловов составляла треска в возрасте 5–8 лет (65,8%). Относительная численность этих когорт изменялась от 13,3 до 21,3%. В 2024 г., как и в 2019–2020, 2023 гг., основными возрастными группами были 5–8 лет (60,8%).

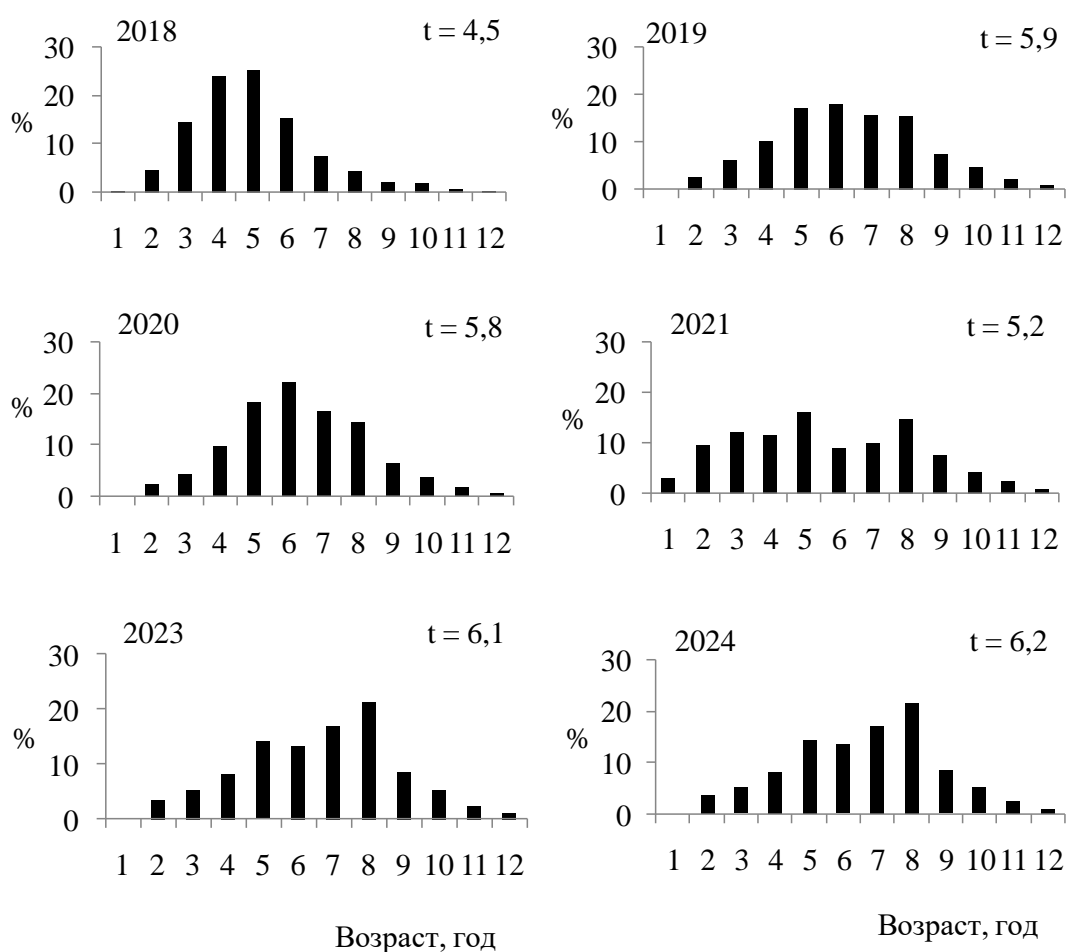


Рис. 53. Межгодовая динамика возрастного состава трески в Петропавловско-Командорской подзоне в тралово-снюрреводных уловах (t — средний возраст)

В 2020 г. основу донных ярусных уловов составляли рыбы длиной 70–80 см (70,3%) и возрастом 6–8 лет (71,2%). В 2021 г. в уловах преобладали рыбы длиной 70–85 см (79,7%). Доминировали особи в возрасте 7–10 лет, а преобладающей возрастной группой были 8-летние рыбы (33,6%). В 2022 г. основу уловов составляли особи длиной 60–80 см (60,8%) возрастом 5–8 лет (67,2%). В 2023 г. в размерном составе выделялись две модальные группы —

50–65 (51,6%) и 75–80 (24,4%) см. В возрастном составе доминировали рыбы возрастом 5–8 лет (69,9%). В терминальном году собрать данные о размерно-возрастном составе трески на донном ярусном промысле не представилось возможным (рис. 54).

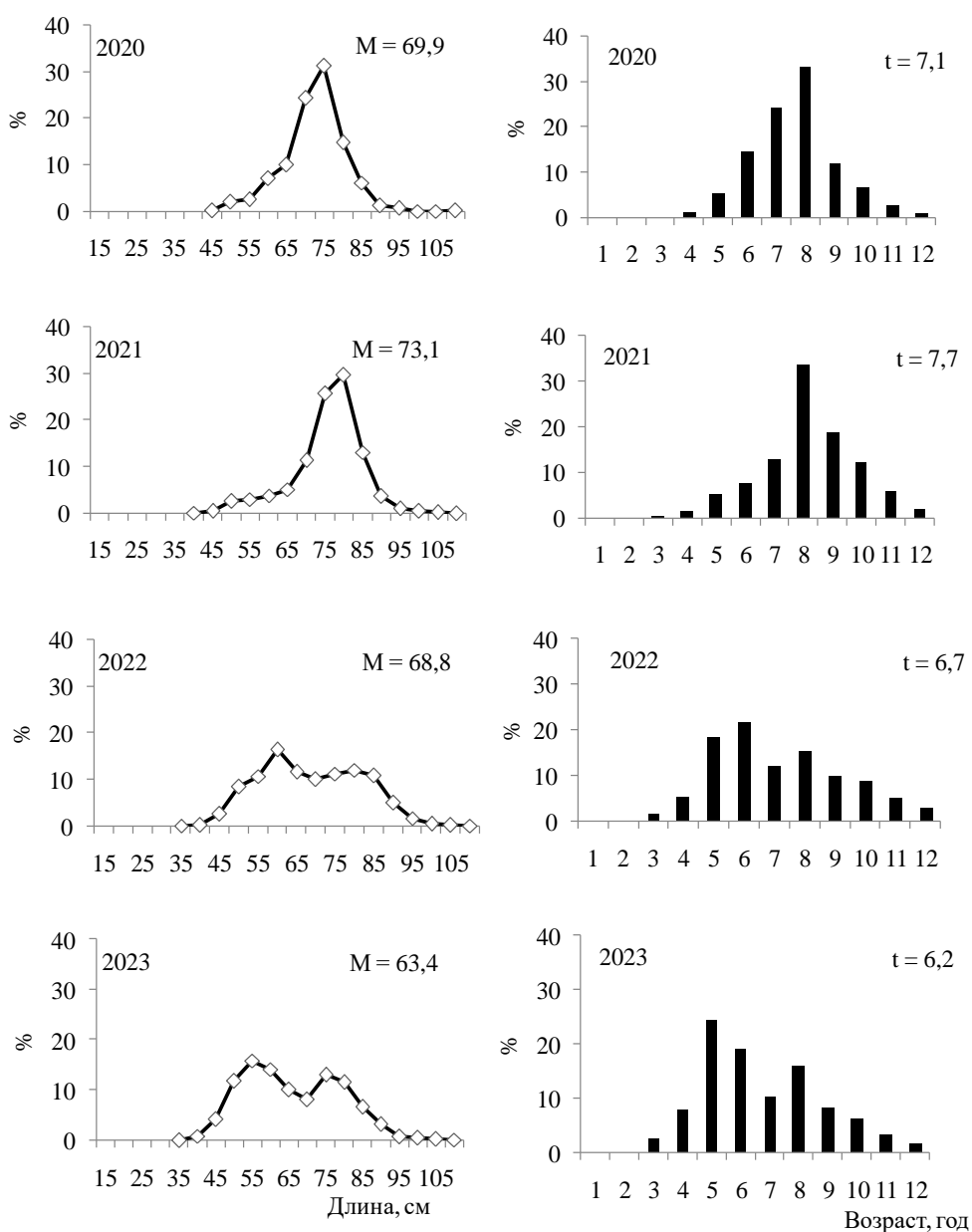


Рис. 54. Межгодовая динамика размерного и возрастного состава трески в ярусных уловах в Петропавловско-Командорской подзоне (на рисунках указаны средние длина и возраст)

Определение биологических ориентиров

С переходом на когортную модель в пространстве состояний в 2023 г ориентиры управления для трески Петропавловско-Командорской подзоны были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились. Вероятностные характеристики оценок некоторых общеизвестных биологических ориентиров [Бабаян, 2000] представлены в таблице 8.

Статистические характеристики оценок некоторых биологических ориентиров по результатам моделирования методом Монте-Карло

Ориентир	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
$F_{lim}(\text{Caddy})$, 1/год	0,506	0,525	0,615	0,667	0,730	0,828	0,863	0,673	0,090
$F_{msy}(\text{Рикер})$, 1/год	0,308	0,327	0,378	0,415	0,459	0,539	0,571	0,422	0,067
$F_{45\%}$, 1/год	0,312	0,319	0,352	0,376	0,406	0,464	0,488	0,382	0,045
$F_{40\%}$, 1/год	0,371	0,379	0,421	0,450	0,489	0,560	0,590	0,458	0,056
$F_{35\%}$, 1/год	0,443	0,453	0,506	0,543	0,592	0,682	0,720	0,553	0,071
$F_{0,1}$, 1/год	0,307	0,315	0,361	0,394	0,442	0,538	0,582	0,408	0,071
F_{med} , 1/год	0,163	0,189	0,254	0,297	0,347	0,404	0,425	0,298	0,067
$F_{lim}(B_{25\%}B_{vir})$, 1/год	0,657	0,674	0,764	0,825	0,909	1,061	1,125	0,843	0,119
B_{loss} , тыс. т	16,6	17,6	21,8	25,2	29,7	39,1	41,4	26,3	6,5
$B_{25\%}B_{vir}$, тыс. т	25,4	26,1	28,7	30,8	33,0	37,1	39,1	31,1	3,4
B_{msy} , тыс. т	37,7	39,2	44,1	48,0	52,4	59,7	63,2	48,6	6,6
$SSB(F_{med})$, тыс. т	40,7	43,8	53,9	62,6	74,1	95,8	103,8	65,4	16,6

Примечание: жирным шрифтом выделены ориентиры, принятые для расчета (пояснения в тексте)

В качестве целевого ориентира по промысловой смертности приняли ориентир $F_{MED} = 0,297 \text{ год}^{-1}$ (медианная оценка), а граничный ориентир по промысловой смертности F_{lim} выбрали на уровне $F_{0,1}$: $F_{lim} = F_{0,1} = 0,394 \text{ год}^{-1}$ (медианная оценка). Величину F_0 приняли равной нулю.

Исходя из динамики биомассы нерестового запаса и общего вылова трески Петропавловско-Командорской подзоны, в качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе приняли наименьшее значение модельных оценок нерестовой биомассы за исследуемый период времени $B_{lim} = B_{loss} = 25,2$ тыс. т (медианная оценка). В начале 2002 г. запас снижался до этого уровня (рис. 44), после чего смог благополучно восстановиться.

В качестве целевого ориентира по биомассе приняли значение нерестовой биомассы, соответствующее значению F_{MED} на кривой равновесной биомассы на единицу пополнения (рис. 55) при среднемноголетней величине пополнения: $B_{tr} = SSB(F_{MED}) = 62,6$ тыс. т (медианная оценка).

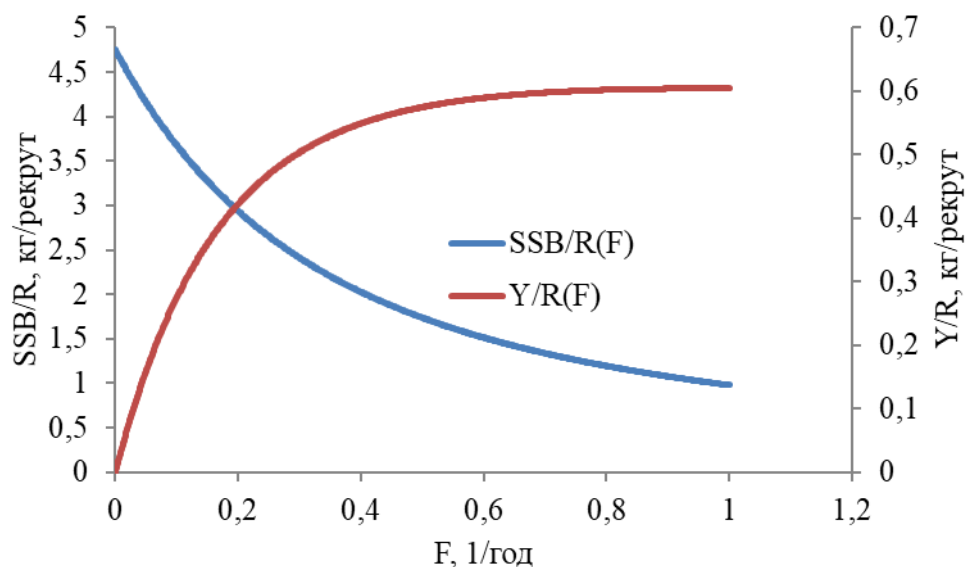


Рис. 55. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП тихоокеанской трески, цель которого поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью. Схема ПРП представлена на рисунке 56.

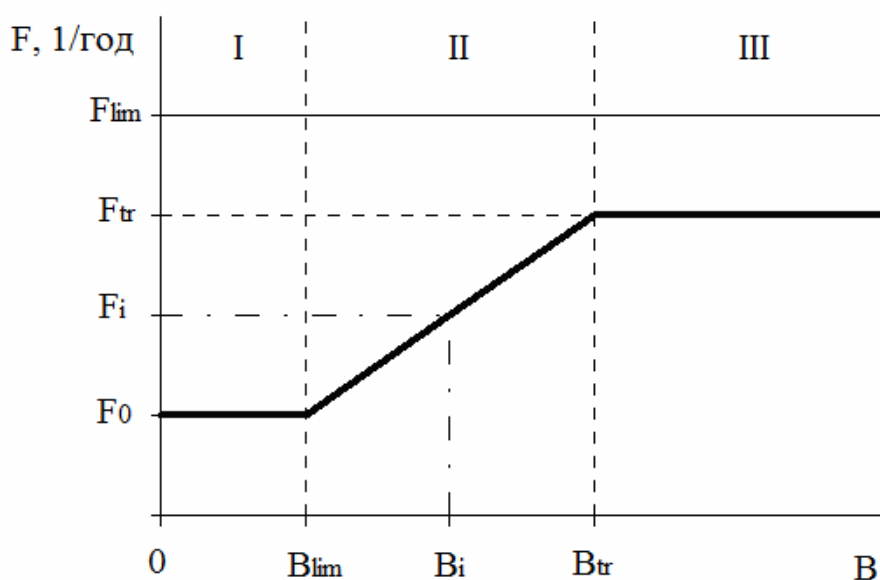


Рис. 56. Схема ПРП трески Петропавловско-Командорской подзоны

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = F_0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0, \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса трески на 1–2 года вперед использовали те же значения коэффициентов (МКЕС и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Массу особей и коэффициенты селективности по возрастным группам в прогнозный период приняли равными средним значениям за последние 10 лет. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. $F \approx 0,322 \text{ год}^{-1}$ соответствует ОДУ, равному 19,1 тыс. т.

В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднемноголетнюю численность двухлетних рыб. По нашим прогнозам, в 2025–2026 гг. она составит около 26,6 млн экз.

С помощью уравнений когортной модели оценили биомассу запаса на 2 года вперед (табл. 9). При сделанных выше предположениях о величине пополнения, в 2026 г. ресурсы трески в Петропавловско-Командорской подзоне по сравнению с 2025 г. незначительно снизятся.

Оценка биомассы общего запаса на начало 2026 г. составит 145,0 тыс. т, промыслового — 75,6 тыс. т, нерестового — 85,5 тыс. т.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

На начало 2026 г. величина биомассы нерестового запаса составит 85,5 тыс. т, что соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 56). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности равно $0,297 \text{ год}^{-1}$.

Величину ОДУ на 1-й прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{reg} \sum_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{reg})]}{M_j + s_j F_{reg}} \text{ [Бабаян, 2000]}, \text{ где:}$$

s_j — возрастные коэффициенты селективности,

w_j — среднемноголетняя масса особей по возрастным группам,

M_j — МКЕС,

$N_{i,j}$ — численность j-ой возрастной группы,

F_{reg} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в 1-й прогнозный год.

Согласно ПРП, вылов трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2026 г. может составить 17,1 тыс. т.

Таблица 9

Оценка состояния запаса в 2024 г., прогноз состояния запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны в 2025–2026 гг.

	Возраст, лет											Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Численность на начало года, млн экз.	39,18	27,38	16,41	10,22	6,28	3,34	2,26	1,28	0,76	0,42	0,18	107,71
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,013	0,029	0,057	0,098	0,143	0,178	0,199	0,210	0,215	0,217	0,218	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,686	0,676	0,657	0,631	0,603	0,582	0,570	0,564	0,561	0,560	0,560	
Средняя масса рыб, кг	0,393	0,805	1,462	2,143	3,059	4,302	5,670	7,155	8,404	10,583	13,990	
Биомасса на начало года, тыс. т	15,41	22,03	23,99	21,89	19,20	14,38	12,84	9,15	6,41	4,40	2,51	152,21
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	2,20	7,20	10,95	15,36	14,38	12,84	9,15	6,41	4,40	2,51	85,40
2025												
Численность на начало года, млн экз.	26,65	26,89	18,51	10,78	6,44	3,78	1,95	1,29	0,72	0,43	0,23	97,67
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,016	0,036	0,076	0,139	0,209	0,264	0,295	0,310	0,317	0,320	0,321	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,685	0,671	0,645	0,606	0,564	0,534	0,518	0,510	0,507	0,505	0,505	
Средняя масса рыб, кг	0,398	0,800	1,482	2,174	3,094	4,326	5,693	7,127	8,422	10,596	13,990	
Биомасса на начало года, тыс. т	10,60	21,51	27,42	23,45	19,93	16,37	11,08	9,20	6,08	4,53	3,26	153,43
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	2,15	8,23	11,72	15,95	16,37	11,08	9,20	6,08	4,53	3,26	88,57
2026												
Численность на начало года, млн экз.	26,65	18,25	18,04	11,93	6,53	3,64	2,02	1,01	0,66	0,37	0,22	89,32
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,015	0,033	0,070	0,128	0,193	0,244	0,273	0,287	0,293	0,295	0,296	
Средняя масса рыб, кг	0,398	0,800	1,482	2,174	3,094	4,326	5,693	7,127	8,422	10,596	13,990	
Биомасса на начало года, тыс. т	10,60	14,60	26,73	25,95	20,20	15,73	11,51	7,18	5,54	3,87	3,02	144,93
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,46	8,02	12,97	16,16	15,73	11,51	7,18	5,54	3,87	3,02	85,46
ОДУ, тыс. т	0,13	0,40	1,52	2,63	2,99	2,87	2,32	1,51	1,19	0,84	0,66	17,06

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при средней за последние 10 лет величине пополнения биомасса нерестового запаса трески в Петропавловско-Командорской подзоне не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 57). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000].

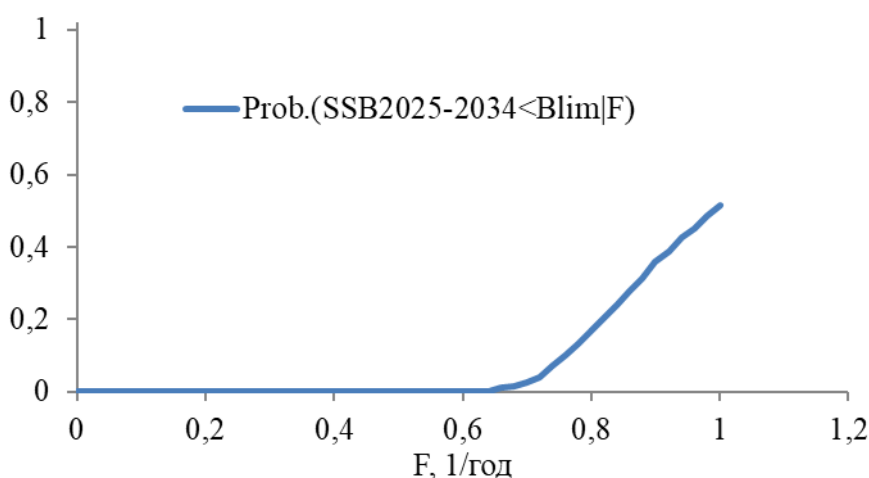


Рис. 57. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 58, при соблюдении зонального ПРП запас трески с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет находиться на уровне целевого ориентира. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что стратегия управления является эффективной.

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперед, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000], то нет причин для отказа от принятой стратегии. Проведенный риск-анализ показал, что при рекомендуемой в 2026 г. величине ОДУ, равной 17,1 тыс. т, риски перелова по росту и пополнению не превышают уровня $\alpha = 0,2$ (рис. 59). Следовательно, нет причин отказаться от действующей стратегии управления.

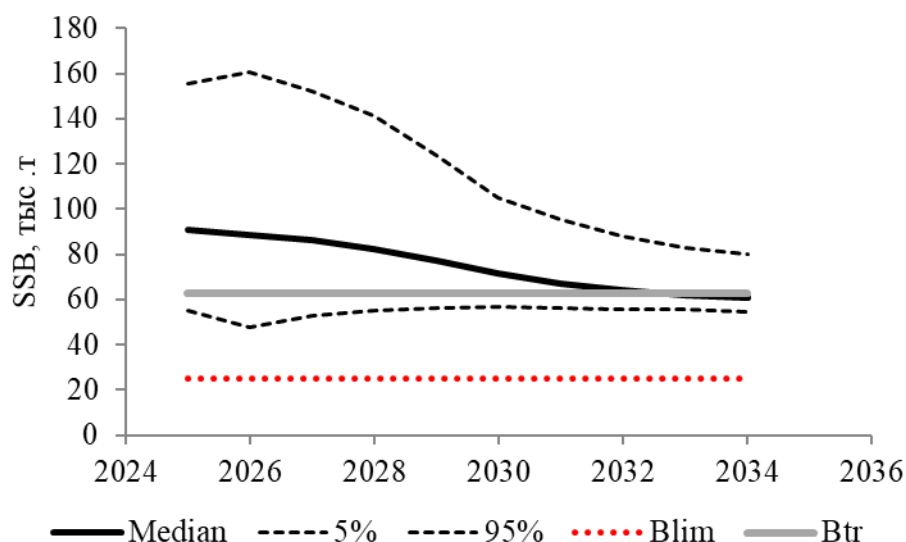


Рис. 58. Процентили распределения оценок биомассы нерестового запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны в 2025–2034 гг. при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

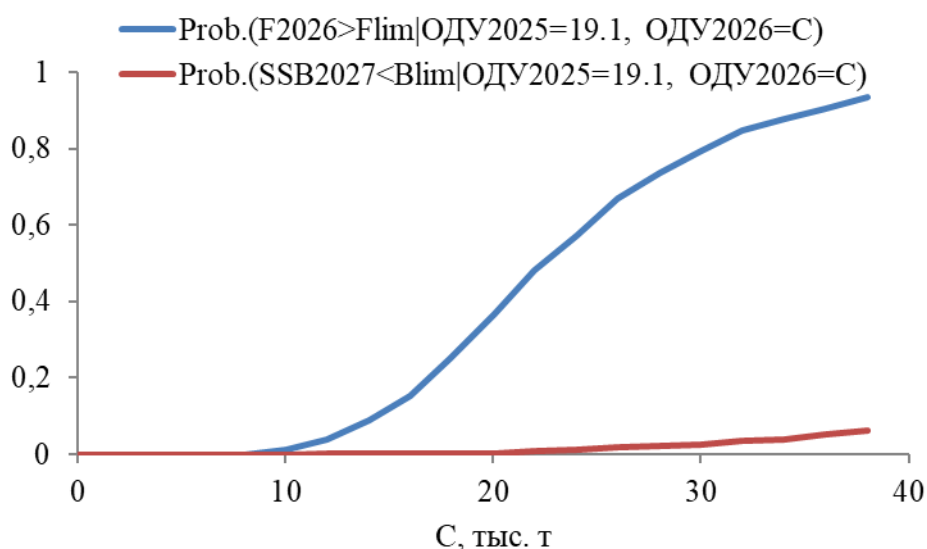


Рис. 59. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Петропавловско-Командорской подзоны в 2026–2027 гг.

Окончательный вид ПРП трески Петропавловско-Командорской подзоны с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2011 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 60.

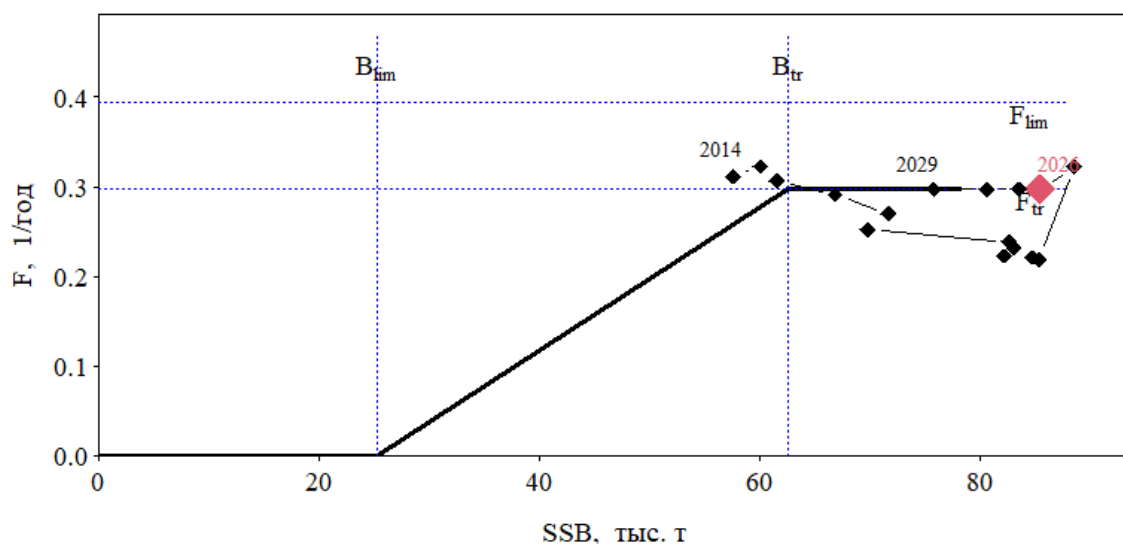


Рис. 60. Реализация правила регулирования промысла трески

Таким образом, **ОДУ трески в Петропавловско-Командорской подзоне в 2026 г. составит 17,100 тыс. т.**

61.03 - Зона Северо-Курильская

Исполнители: Ким Сен Ток, И.Н. Мухаметов («СахНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Исходным материалом для настоящего прогноза послужили биостатистические данные из уловов снюрреводами, тралами и донными ярусами в период научно-исследовательских и промысловых рейсов на шельфе и материковом склоне северных Курильских о-вов и при работе на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях г. Северо-Курильск в 1975–2024 гг., собранные сотрудниками ФГБНУ «ВНИРО», его филиалов («СахНИРО», «КамчатНИРО»). В период 2003–2024 гг. всего было выполнено 16 траловых учетных съемок на НИС, в том числе в 2011, 2013, 2015, 2019, 2021 гг. В 2020 г. съемка в районе не выполнялась, сбор биологического материала из снюрреводных и ярусных уловов осуществлен совместными усилиями сотрудников «СахНИРО» на рыбокомбинате ОАО «Северо-Курильская база сейнерного флота» и «КамчатНИРО» на борту ЯМС «Бланкет». В 2021 г. учетная съемка была выполнена на НИС «Дмитрий Песков» с тихоокеанской стороны островов. В 2022–2024 гг. исследования на НИС у северных Курильских о-вов не проводили. Данные снюрреводного промысла была получены в ходе сборов на рыбокомбинате ОАО «Северо-Курильская база сейнерного флота» в г. Северо-Курильск (677 экз. на массовый промер в 2022 г., 1420 экз. в 2023 г., 5007 экз. в 2024 г.). В прогнозе использованы материалы «КамчатНИРО», собранные на ярусном промысле трески на борту ЯМС

«Томкод» летом 2021 г. (2034 экз. на промер и 150 экз. на биологический анализ) и на СЯМ «Групер» зимой 2022 г. (2028 экз. на промер). Информация по вылову и динамике уловов на усилия в 2003–2024 гг. в Северо-Курильской зоне приводится по данным судовых суточных донесений (ССД), представленной в Отраслевой системе мониторинга (ОСМ) Росрыболовства.

В целом, согласно приказу Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 прогноз ОДУ соответствует I уровню информационного обеспечения его обоснования.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Первый (I) уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ трески в Северо-Курильской зоне с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

Имеющиеся многолетние данные по размерно-возрастному составу, годовому вылову, скорости полового созревания, естественной смертности, результатам учетных съемок позволяют производить оценку запасов трески с помощью когортных моделей, и проводить сопоставление с данными прямых учетов. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры управления промыслом для формирования правила его регулирования (ПРП) на основе «принципа предосторожности» [Бабаян, 2000].

Оценка биомассы по данным съемок выполнена площадным методом с использованием программы «Surfer 11» [Тарасюк и др., 2000]. Для определения плотности рыб применен трехмерный сплайн. Ввиду того, что схемы выполнения съемок в разные годы отличались, оценка производилась в пределах полигона с диапазоном глубин 0–500 м [Буяновский, 2013]. Учетные работы выполнены донными тралами различных конструкций с горизонтальным раскрытием 20–23 м. Коэффициент уловистости для трески принят равным 0,4 [Борец, 1997].

Так как траловые съемки проводились в разные сезоны, для сопоставимости оценок промысловой биомассы с оценками по ВПА данные расчетов по съемкам были приведены к началу года исследований с учетом данных промысла и естественной убыли.

Оценки биомассы трески по материалам донных траловых съемок за более ранний период (1990–2000 гг.), приведены согласно расчетам, выполненным на основе архивных данных «КамчатНИРО» [Золотов, Дубинина, 2013]. Возраст рыб определен по отолитам. Возрастной состав за ранние годы исследований (1990–2000) рассчитан с помощью размерно-возрастных ключей, полученных по результатам исследований 2003–2013 гг. В последние годы используются размерно-возрастные ключи по данным за период 2014–2018 гг.

Исходя из доступного программного обеспечения, расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запаса тихоокеанской трески, по данным промысловой статистики и размерно-

возрастного состава ярусных и траловых уловов выполнены методом когортного анализа «Синтез» [Ильин и др., 2014].

Модель «Синтез» успешно используется с 2013 г. Она относится к числу статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Имеет значительные черты сходства с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al., 1985], «ICA» [Patterson, 1994] и др. [Quinn and Deriso, 1999]. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе, разработанной в «КамчатНИРО».

Решением рабочей группы по методам математического моделирования (РГМ), принятом в 2015 г., модель «Синтез» была включена в перечень моделей для использования в процедуре оценки запасов и ОДУ, наряду с моделями XSA, TISVPA и др., уже прошедшими тестирование и многолетнюю апробацию в рамках ИКЕС и других научных рыбохозяйственных организаций [Ильин и др., 2014]. С 2019 г. она рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов отечественного рыболовства, к которым относится треска [Методические рекомендации..., 2018].

Принимая во внимание опыт использования данной модели, наличие собственного программного обеспечения, а также тот факт, что в 2016 г. она прошла тестирование и рекомендована РГМ для применения, в настоящем обосновании из перечня возможных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез».

В качестве входной информации для модели использованы:

- матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 2 до 12 полных лет) и годам промысла (от 1990 до 2024 гг.);
- среднемноголетние значения массы (рис. 61), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);
- мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

В качестве настроечных индексов для модели использовали стандартизированные по методу GLM (обобщенные линейные модели) уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судов типа БМРТ, МДС, МмДС, МмРТР, РС, РТМ, РТМС, СДС, СРТ, СРТМ, СТР, СЯМ, ТР, ТСМ в 2003–2024 гг., вооруженных разноглубинными, донными тралами, донными ярусами, снюрреводами (рис. 62), а также данные учетных траловых съемок о биомассе промыслового запаса (1976–2021 гг.).

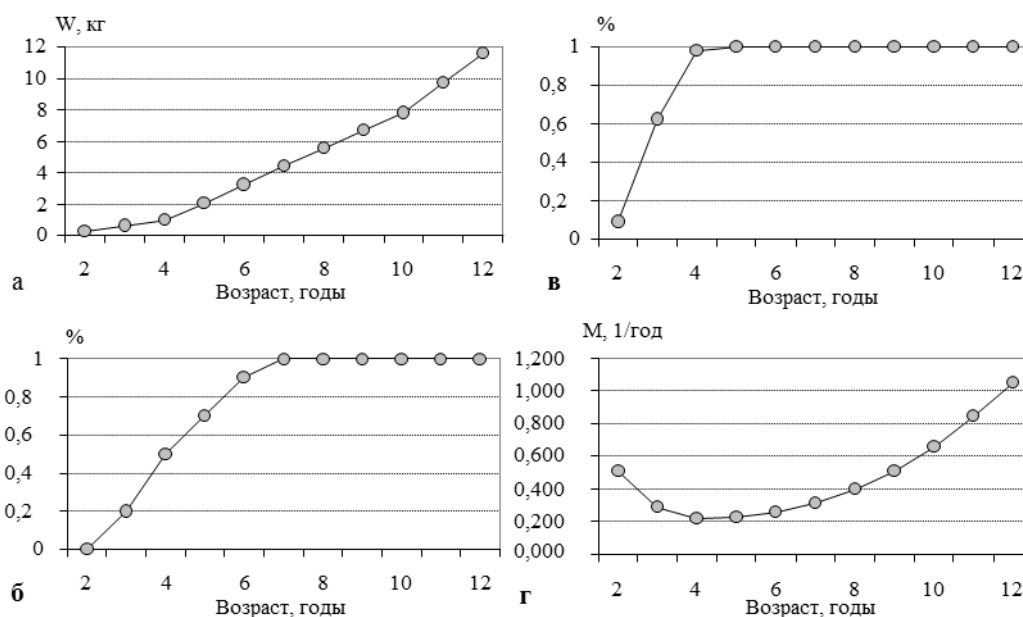


Рис. 61. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы тихоокеанской трески северных Курил по модели. а – масса рыб по возрастным группам, б – доля половозрелых рыб, в – доля рыб, достигших промыслового размера (более 40 см по АС), г – мгновенные коэффициенты естественной смертности

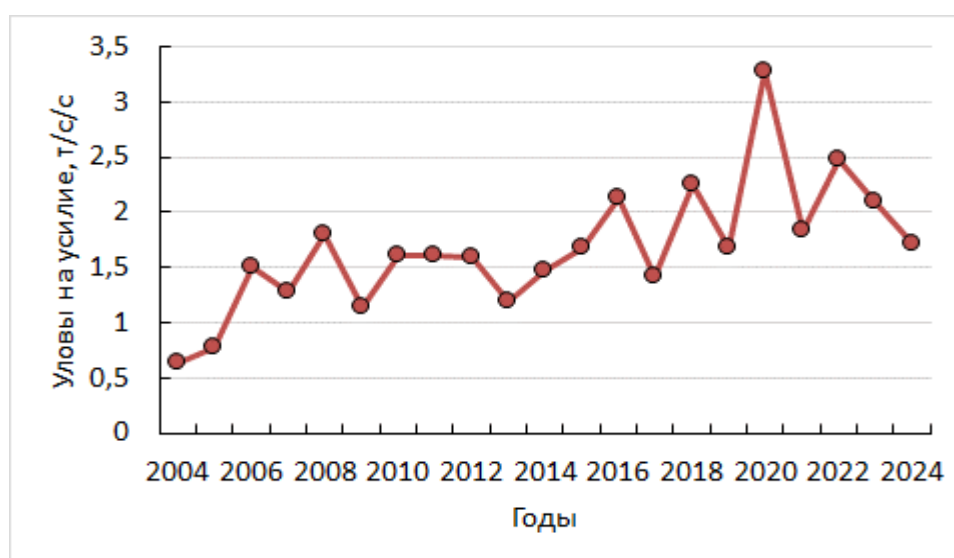


Рис. 62. Кривая стандартизированного улова на усилие (судосутки) трески северных Курильских островов, полученная методом обобщенных линейных функций (GLM)

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. Методы прямого учета. Начиная с середины 1990-х гг. численность и биомасса трески тихоокеанского шельфа Северных Курил находилась на низком уровне. Эта ситуация продолжала сохраняться и в 2000–2006 гг., о чем косвенно свидетельствуют данные о размерно-возрастном составе ее уловов по материалам донных траловых съемок в 2003 и 2006 гг. В эти годы основу уловов составляли особи длиной 35–60 см, а основной вклад обеспечивали 2–3-годовики.

Оценка величины промыслового запаса трески, выполненная по результатам траловых учетных съемок 2003 и 2006 гг., составила 36,2 и 12,3 тыс. т. Отметим, что в 2006 г. исследования были выполнены в нагульный период, когда основные скопления трески в северокурильских водах были приурочены к сваловым участкам вод юго-восточного побережья о-ва Парамушир, недоступным для донных тралов. Таким образом, предполагается, что по материалам за 2006 г. были получены заниженные оценки запаса.

В 2007–2010 гг. специалистами «КамчатНИРО» в период с января по март был выполнен ряд снюрреводных съемок, который позволил оконтурить скопления тихоокеанской трески и оценить ее промысловый запас.

Основные черты распределения особей в преднерестовый период в 2007–2008 гг. были сходными. В эти годы выделялся участок повышенных концентраций трески, расположенный у восточного побережья о-ва Парамушир в координатах $50^{\circ}10'–50^{\circ}30'$ с.ш. $156^{\circ}05'–156^{\circ}30'$ в.д. Максимальная плотность в этом районе достигала 9 т/км^2 , а в среднем по участку исследований составляла 573 шт. или $1\,687 \text{ кг/км}^2$. Северо-восточнее и юго-западнее от этого района плотность биомассы трески постепенно снижалась до $0,9–1,8 \text{ т/км}^2$. Облов производили преимущественно на изобатах 50–150 м, где располагались основные концентрации половозрелой трески.

В 2009–2010 гг. отчетливо проявилась тенденция роста уловов трески по мере увеличения глубины заметов в направлении от о-вов Парамушир и Шумшу на восток к южному побережью Камчатки. В обоих случаях участок наибольших концентраций трески, где плотность ее уловов превышала 4 т/км^2 , начинался от глубин 200 м восточнее долготы $157^{\circ}30'$ в.д.

С учетом размерно-возрастного состава уловов, численность и биомасса промыслового запаса трески по результатам зимне-весенних снюрреводных съемок «КамчатНИРО» в 2007–2010 гг. на тихоокеанском шельфе Северных Курил варьировались от 18,5 до 43,3 млн экз. и от 54,7 до 64,5 тыс. т.

Оценка биомассы тихоокеанской трески Северных Курил, полученная в ходе донной траловой съемки на НИС «Профессор Леванидов» в марте–апреле 2009 г., свидетельствовала о том, что ее ресурсы находились в удовлетворительном состоянии. По результатам этих исследований, численность и биомасса промыслового запаса была оценена в 22,7 млн экз., или 69,9 тыс. т, что вполне сопоставимо с результатами снюрреводных съемок.

Траловая съемка, выполненная на НИС «Профессор Пробатов» в марте 2011 г., подтвердила наличие локальных скоплений трески в районе о-вов Парамушир, Шумшу и Онекотан. Значительное нерестовое скопление трески было отмечено у юго-восточной части о-ва Онекотан, на широте $49^{\circ}20'$ с.ш. на глубине 130 м. Оценка биомассы трески по данным этих исследований составила около 55,4 тыс. т.

Две донные траловые съемки, выполненные в районе весной 2013 и 2015 гг. отличались по полученным результатам от работ 2007–2011 гг.

Учетные работы в феврале–марте 2013 г. были осложнены погодными условиями (13 рабочих судосудок из общих 45), что сказалось на полученных результатах и не позволило учесть запас тихоокеанской трески в полной мере.

Тихоокеанская треска была отмечена по всему обследованному району на глубинах от 48 до 349 м. Наибольший средний улов трески, в пересчете на час траления (113,44 кг), был отмечен в интервале глубин 151–200 м.

Тем не менее, даже с учетом методических особенностей выполнения траловой съемки в марте 2013 г., оценки промысловой биомассы оказались самыми низкими за последние несколько лет. С учетом промысла и естественной смертности, скорректированная на начало года величина промысловой биомассы трески Северных Курил составила всего 18,2 тыс. т.

Сопоставимые результаты были получены в ходе исследований в марте–апреле 2015 г. Наибольшие концентрации тихоокеанской трески были отмечены в традиционных для данного периода года районах: на юго-восточном участке шельфа о-ва Парамушир и напротив Второго Курильского пролива. Длина трески варьировала от 20 до 100 см при среднем значении 48,8 см. Как и в 2013 г., самой массовой группой в уловах были рыбы 2011 г. рождения, на долю которых приходилось около 28% от общей численности. Но довольно высок был и вклад 2–3-годовиков (суммарно – порядка 35%). В целом же на долю рыб непромыслового размера приходилось около 23%.

Оценки промысловой биомассы тихоокеанской трески оказались лишь незначительно выше, чем в 2013 г. С учетом промысла и естественной смертности, скорректированная на начало года величина промысловой биомассы трески Северных Курил в 2015 г. составила порядка 19,7 тыс. т.

В 2016–2018 гг. учетные съемки в районе не проводили.

В марте 2019 и мае 2021 гг. очередные траловые съемки показали, что при традиционном распределении рыб в районе, в океанских водах о-вов Парамушир и Онекотан отмечались особи длиной от 13 до 99 см, в среднем 36,4–38,5 см. Основу размерного ряда в 2019 г. составляли рыбы 27–33 см в возрасте 2 года 2017 г. рождения, а в 2021 г. – 30–38 см в возрасте 2+, т.е. рыбы 2018 г. рождения. Следует отметить, что на промысле в снюрреводных уловах 2021 и 2022 гг. доминировали также особи 30–40 см. Скорректированная оценка промысловой биомассы учтенного запаса по этим исследованиям на начало года в 2019 г. составила 27,6 тыс. т на площади 3,7 миль², а в 2021 г. в два раза меньше – 12,9 тыс. т на 4,5 миль² (рис. 63). Столь существенная разница в биомассе рыб по двум съемкам, выполненным на одном судне, с одинаковыми параметрами орудия лова, единой методикой расчета может объясняться снижением запасов вида. Вместе с тем, сравнительный анализ 4 последних оценок прямого учета 2013, 2015, 2019 и 2021 гг. указывает на возможность существенного занижения запасов трески в 2021 г. В этом году исследования были выполнены в мае, когда рыбы в постнерестовый период резко снижают свои придонные концентрации и приступают к интенсивному нагулу. Этим может объясняться уменьшение максимальных плотностей скоплений рыб в 2021 г., по сравнению с мартом 2019 г. (до 20 т/миль²) и практически отсутствие высоких концентраций трески более 10 т/миль² в этом году (рис. 63).

В 2020, 2022–2024 гг. учетные съемки в районе не проводили.

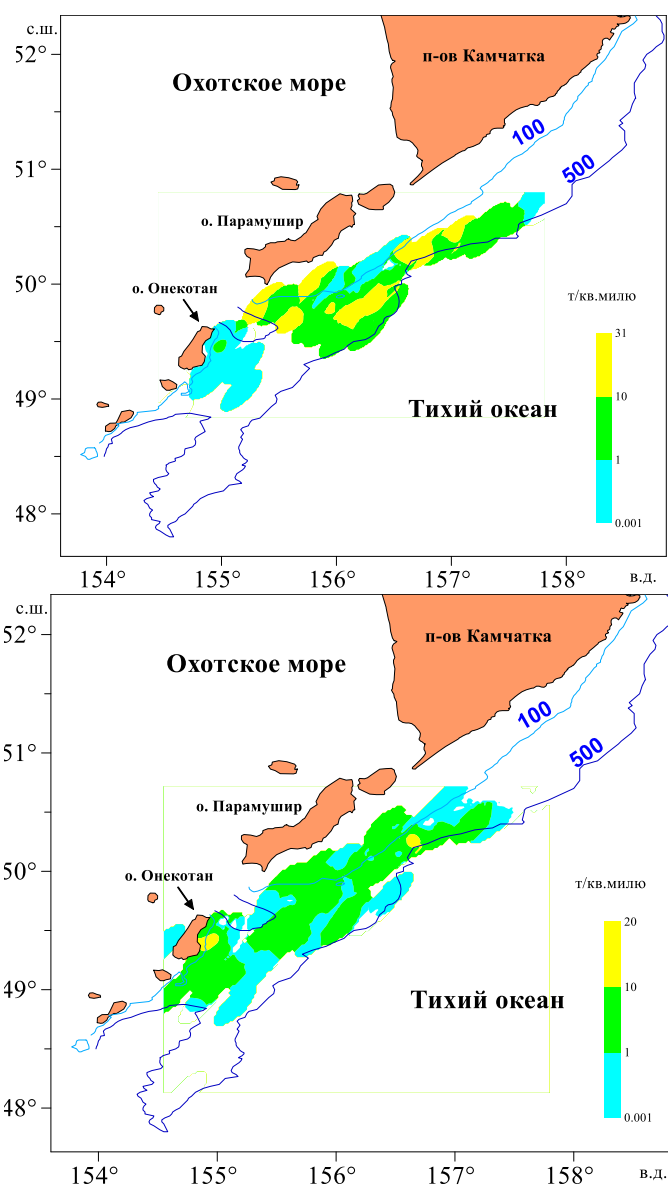


Рис. 63. Пространственное распределение трески у северных Курильских о-вов в марте 2019 г. (вверху) и в мае 2021 г. (снизу)

В целом можно отметить, что, по данным прямых учетных наблюдений в 2000-х гг. отмечалось увеличение промысловой биомассы трески Северных Курил с уровня 20–30 тыс. т в 2001–2005 гг. до 50–60 тыс. т в 2007–2011 гг., а в 2013–2021 гг. произошло заметное снижение запасов трески (табл. 10). Эти данные согласуются с результатами модельных расчетов.

Таблица 10

Величина промысловой биомассы трески по данным траловых учетных съемок у Северных Курильских островов в 2000–2021 гг., тыс. т

2000	2003	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2015	2019	2021
23,5	36,2	12,3	65,4	54,7	57,1	64,5	55,4	18,2	19,7	27,6	12,9

Метод когортного анализа. Промысел трески осуществляется преимущественно снюрреводами и донными ярусами, поэтому при подготовке,

обобщенной матрицы уловов по возрастам учитывался годовой вылов по каждому из этих орудий лова. В 2024 г. размерно-возрастной состав уловов был сформирован по данным снюрреводного промысла.

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB), общей (TSB) и промысловой биомассы, а также пополнения тихоокеанской трески Северных Курил, по данным модельных расчетов, представлена на рисунках 64-66.

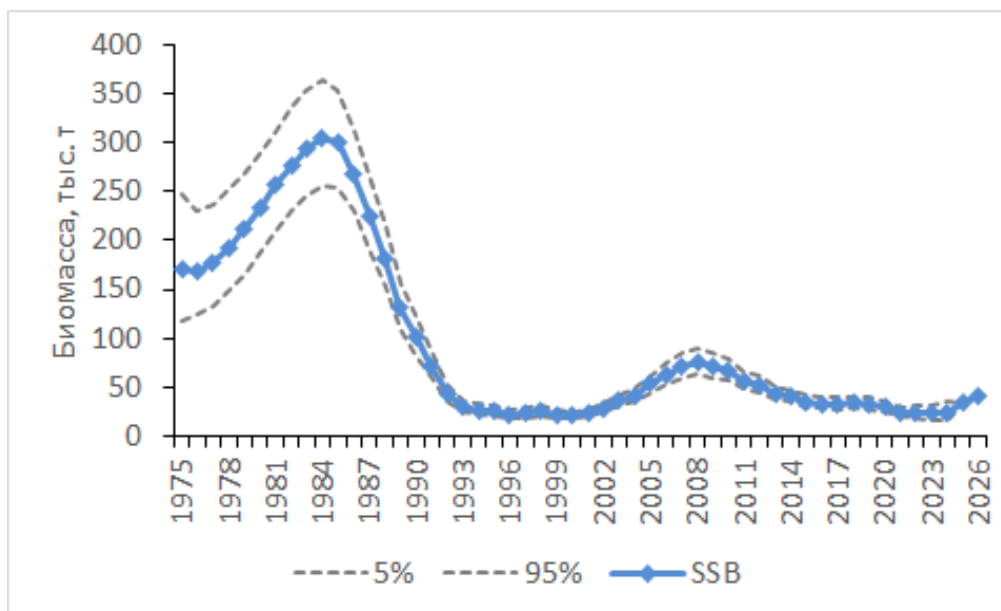


Рис. 64. Динамика нерестовой биомассы тихоокеанской трески Северных Курил с доверительными интервалами. На 2025–2026 гг. представлены прогнозные значения

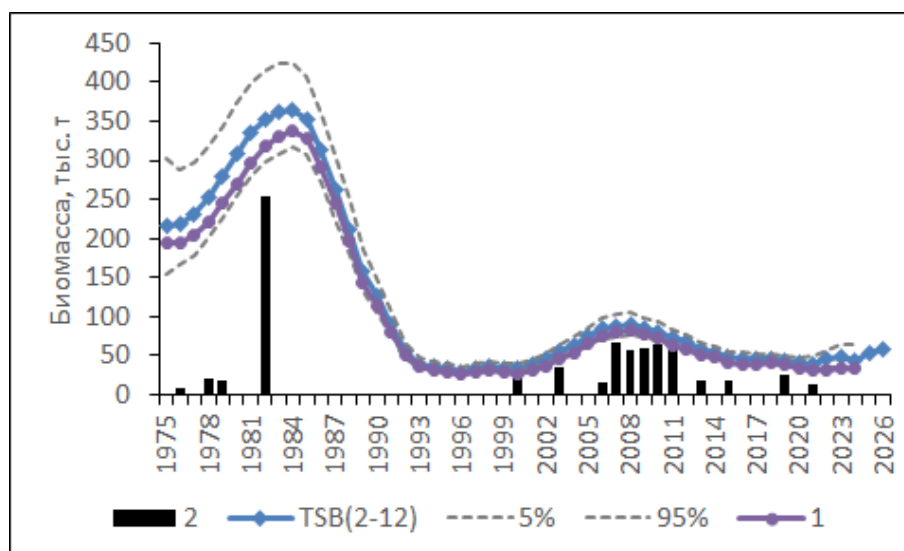


Рис. 65. Модельная динамика промысловой биомассы (1) в сопоставлении с данными съемок (2), а также многолетняя динамика общей биомассы (2–12 лет) тихоокеанской трески Северных Курил с доверительными интервалами. На 2025–2026 гг. представлены прогнозные значения

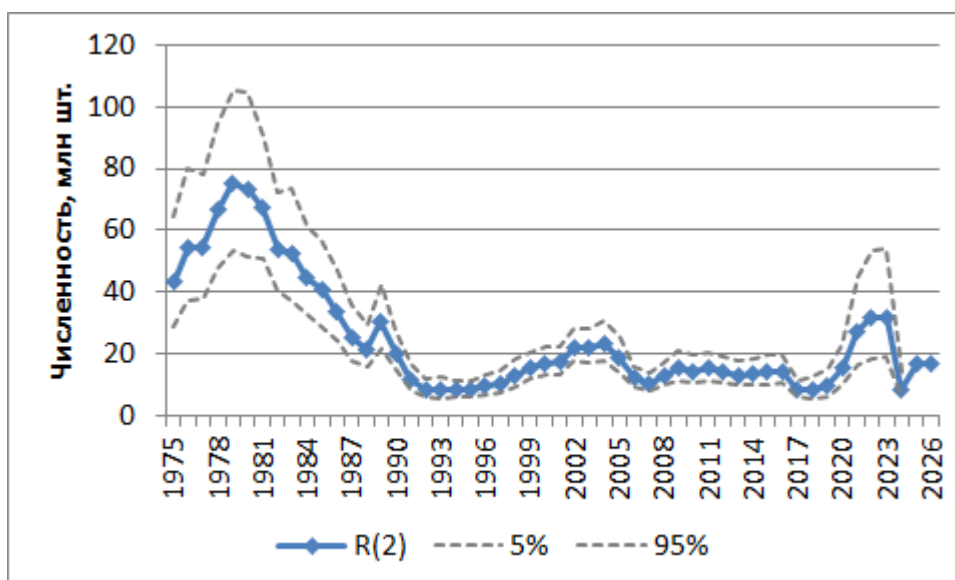


Рис. 66. Модельная динамика пополнения тихоокеанской трески Северных Курил с доверительными интервалами. На 2025–2026 гг. представлены прогнозные значения

После периода высокого уровня запасов в 1980-х гг., под влиянием естественных причин и промысла, нерестовая биомасса популяции постепенно снижалась и к началу 1990-х гг. достигла исторического минимума, продолжавшегося примерно одно десятилетие. В начале 2000-х гг. отмечен рост запасов с последующим снижением. В 2020–2024 гг. изменение промысловой биомассы трески колебалось в пределах 39–47 тыс. т.

Модельные оценки нерестовой и общей биомассы тихоокеанской трески Северных Курил на начало 2025 г. составили 34,18 и 52,7 тыс. т соответственно. Эти величины используются при дальнейшем прогнозе состояния запаса и оценки ОДУ на 2026 г. Для этого определяются коэффициенты промысловой смертности по возрастам на 2026 г. исходя из предполагаемого на этот год общего вылова (равен величине ОДУ). Впоследствии на основе параметров, представленных на рисунке 61, определяются оценки общей и нерестовой биомассы на прогнозный год. Расчет и обоснование ОДУ на базе этих величин представляются ниже в следующих разделах.

Состояние промысла. Началом масштабного отечественного освоения ресурсов тихоокеанской трески северных Курильских о-вов считается середина 1980-х гг. Широкое развитие снюрреводного способа ее добычи, а главное, значительный рост запасов в Северной Пацифике, в том числе у Северных Курил, привели к тому, что годовые уловы быстро достигли своего максимума. В 1987 и 1988 гг. здесь было добыто 50,4 и 51,2 тыс. т, соответственно. После чего промысловые показатели резко пошли на убыль.

С середины 1990-х гг. в дальневосточных морях возобновился промысел тихоокеанской трески донными ярусами, однако основным орудием лова остаются снюрреводы. В среднем в 2012–2024 гг. на долю ярусного флота приходилось около 27,6% от ее годовых уловов (рис. 67).

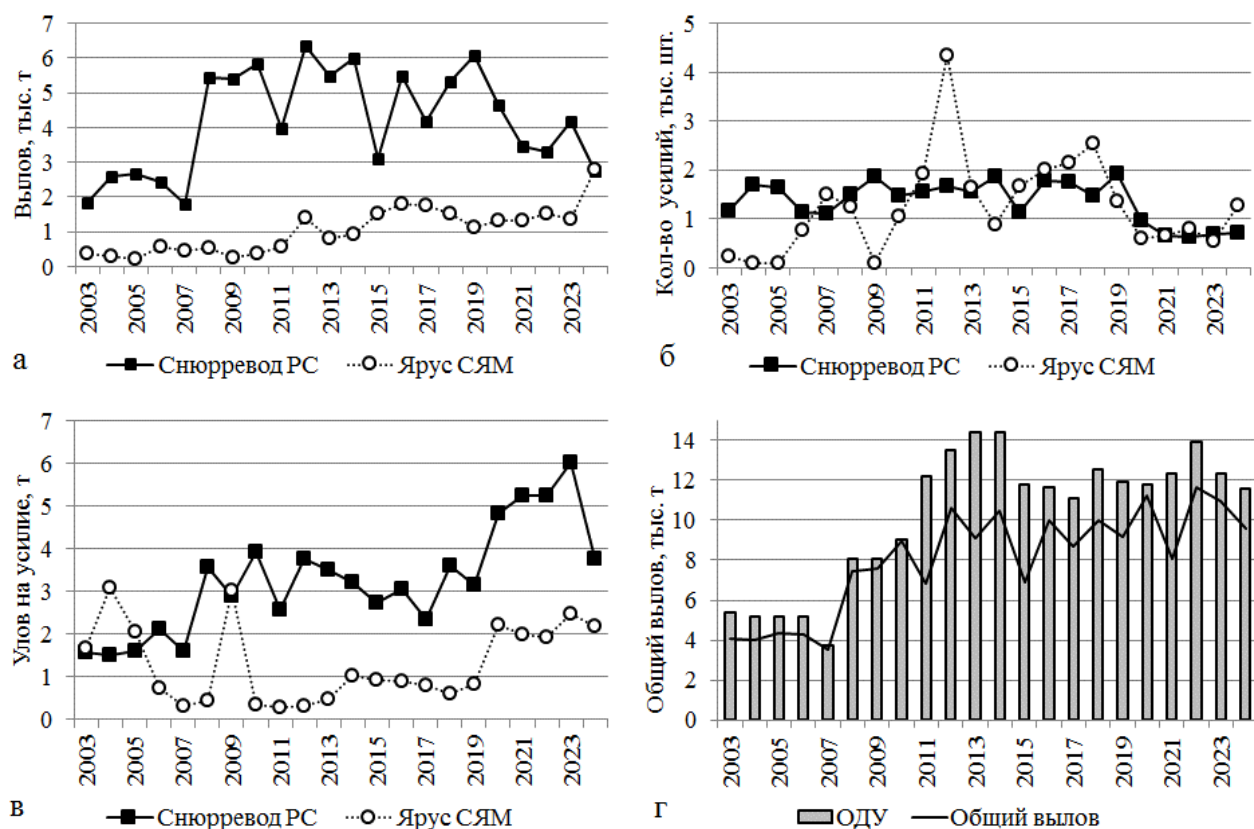


Рис. 67. Обобщенная промысловая статистика тихоокеанской трески Северных Курил, вылов снюрреводами и донными ярусами (а), количество усилий (б), улов на усилие (в) судами типа РС и СЯМ, общий вылов (г) в 2003–2024 гг.

Согласно многолетней динамике промысловых показателей, общий вылов снюрреводами судов типа РС в 2008–2019 гг. держался на среднегодовом уровне в 5,2 тыс. т, с межгодовыми колебаниями в пределах от 3,1 до 6,3 тыс. т. При этом наблюдалось достаточно стабильное количество усилий на промысле, и колебание улова на усилие при среднемноголетнем уровне 3,2 т/усилие, в границах от 2,4 до 3,9 т/усилие. В 2020–2023 гг. улов на усилие резко увеличился – в 1,5–1,9 раза, по сравнению с 2019 г. и стал наибольшим за весь наблюдаемый период. При этом количество усилий и общий вылов на данном виде промысла в эти годы существенно уменьшились. В 2024 г. улов на усилие на снюрреводном промысле трески заметно просел и приблизился к показателям 2008-2019 гг. На ярусном лове на протяжении 2003–2024 гг. наблюдается тенденция постепенного увеличения общего вылова трески. Колебания уловов на усилие, в целом, имеет обратную связь с количеством промысловых усилий. Так, незначительное снижение улова на усилие наблюдалось в 2014–2018 гг., причем это происходило на фоне постепенного увеличения количества усилий. В 2019–2024 гг. улов на усилие существенно вырос, но при этом снизилось количество промысловых операций.

Основной вылов ярусами приходится на осенне-зимние месяцы, когда осваивается 60–87% годового вылова (рис. 68). Снюрреводами треску добывают в большей степени с января по август.

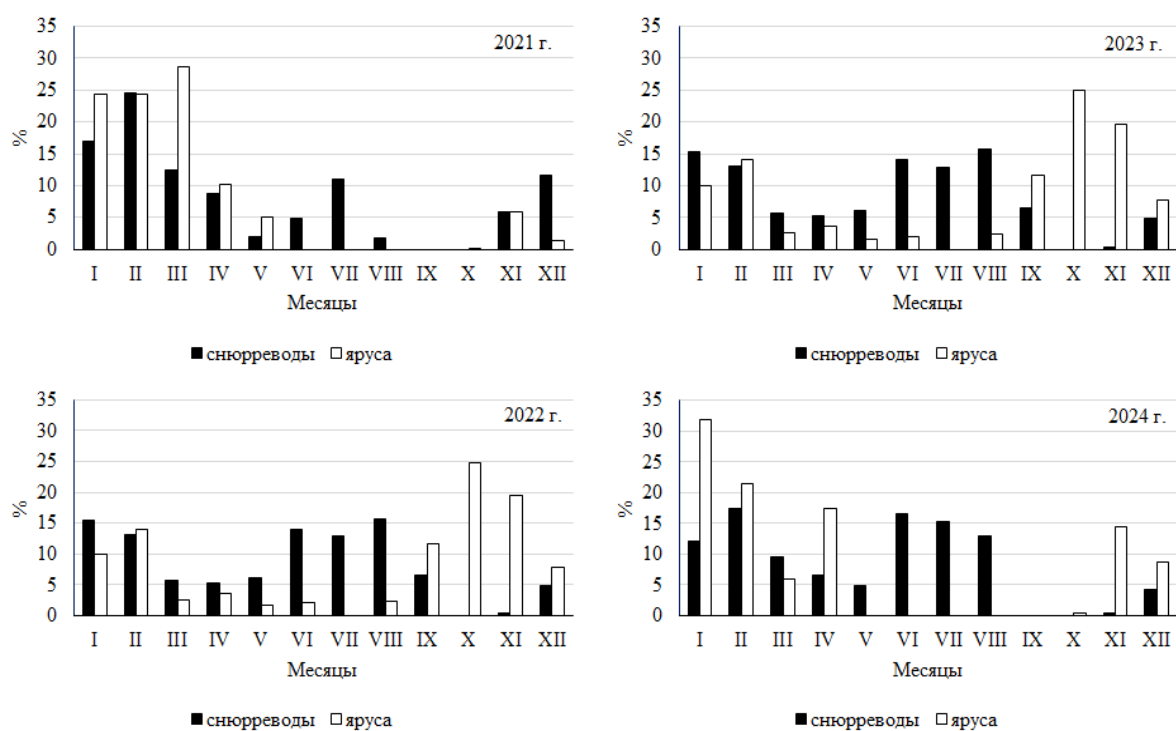


Рис. 68. Сезонная динамика промысла тихоокеанской трески Северных Курил снюрреводами и донными ярусами в 2021–2024 гг.

По данным, представленным в ОСМ Росрыболовства, в 2003–2024 гг. годовые уловы трески Северо-Курильской зоны изменялись от 3,6 тыс. т в 2007 г. до 11,6 тыс. т в 2022 г. (табл. 11).

Таблица 11
Вылов, ОДУ и освоение ОДУ тихоокеанской трески Северных Курил в 2003–2024 гг. по данным ССД

Год	ОДУ, т	Вылов, т	Освоение, %
1	2	3	4
2003	5400	4557	84,4
2004	5200	4031	77,5
2005	5200	4357	83,8
2006	5200	4661	89,6
2007	3700	3565	96,4
2008	8100	7507	92,7
2009	8100	7638	94,3
2010	9000	9156	101,7
2011	12200	6854	56,2
2012	13500	10921	80,9
2013	14400	9082	63,1
2014	14400	10483	72,8
2015	11800	6911	58,6
2016	11650	9966	85,5
2017	11100	8665	78,1
2018	12550	9968	79,4
2019	11900	9193	77,3
2020	11800	11221	95,1
2021	12360	8085	65,4

1	2	3	4
2022	13900	11637	83,7
2023	12340	10962	88,8
2024	11600	9600	82,8
Среднее	10245	8137	79,4

В 2024 г. вылов тихоокеанской трески составил 9600 т (82,8% от ОДУ), что составляет величину несколько выше среднемноголетнего уровня освоения ОДУ с 2003 г. Основным видом промысла тихоокеанской трески у Северных Курил является снюрреводный лов. Как можно видеть, размерно-возрастной состав научных траловых и промысловых снюрреводных уловов трески на шельфе Северных Курил формируется под влиянием отдельных урожайных поколений (рис. 69, 70). В 2016–2018 гг. под влиянием поколений 2012–2013 гг., средняя длина рыб снизилась до 54,9 см, затем вновь увеличившись до 70,2 см. В эти годы доля мелкоразмерных рыб длиной 20–35 см и возрастом 1–2 года не превышала 6%. В 2019 г., при отсутствии доминирующей группы в промысловых уловах, была отмечена повышенная численность нового урожайного поколения 2-летних рыб (2017 г. рождения) в научных тралениях. Это привело к снижению средней длины рыб до 59,8 см в снюрреводных и 36,4 см в траловых уловах, а средний возраст снизился до 4,9 и 2,8 лет, соответственно. Доля молоди до 35 см достигла 62,8% в траловых уловах. В 2020 г. информация, собранная на снюрреводном, а также ярусном промысле показала, что в промысловом стаде доминируют 4–6-летние рыбы 2014–2016 гг. рождения длиной 70–80 см. При этом, в снюрреводных уловах была высока доля молоди 2–3 лет 2017–2018 гг. рождения, составившая по численности 42,4% от всех рыб.

В 2022 г. наблюдалась существенная доля в уловах особей 2019–2020 гг. рождения, численность которых составила 25,2 и 38,7%, соответственно, в снюрреводных уловах. В промысловом стаде преобладали 3–6-годовики 2016–2019 гг. рождения, что подтверждается данными ярусного лова. Поколение 2020 г. продолжало доминировать в снюрреводных уловах в 2023 и 2024 гг. В 2023 г. оно занимало 52,7% численности рыб, в 2024 г. на его долю приходилось 43,5%. Так же, как и предыдущая возрастная группа, в 2024 г. значимую роль в уловах занимала треска 2021 г. рождения, которая составляла 40,0% численности.

Определение биологических ориентиров

Оценка ОДУ тихоокеанской трески Северных Курил была выполнена в рамках «предосторожного подхода» к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], который предполагает дифференцированный выбор уровня эксплуатации в зависимости от текущего состояния популяции.

Основным этапом реализации данного подхода является выбор целевых и граничных ориентиров управления промыслом, относительно которых впоследствии выносятся суждение о текущем состоянии запаса и делаются рекомендации об оптимальном уровне эксплуатации.

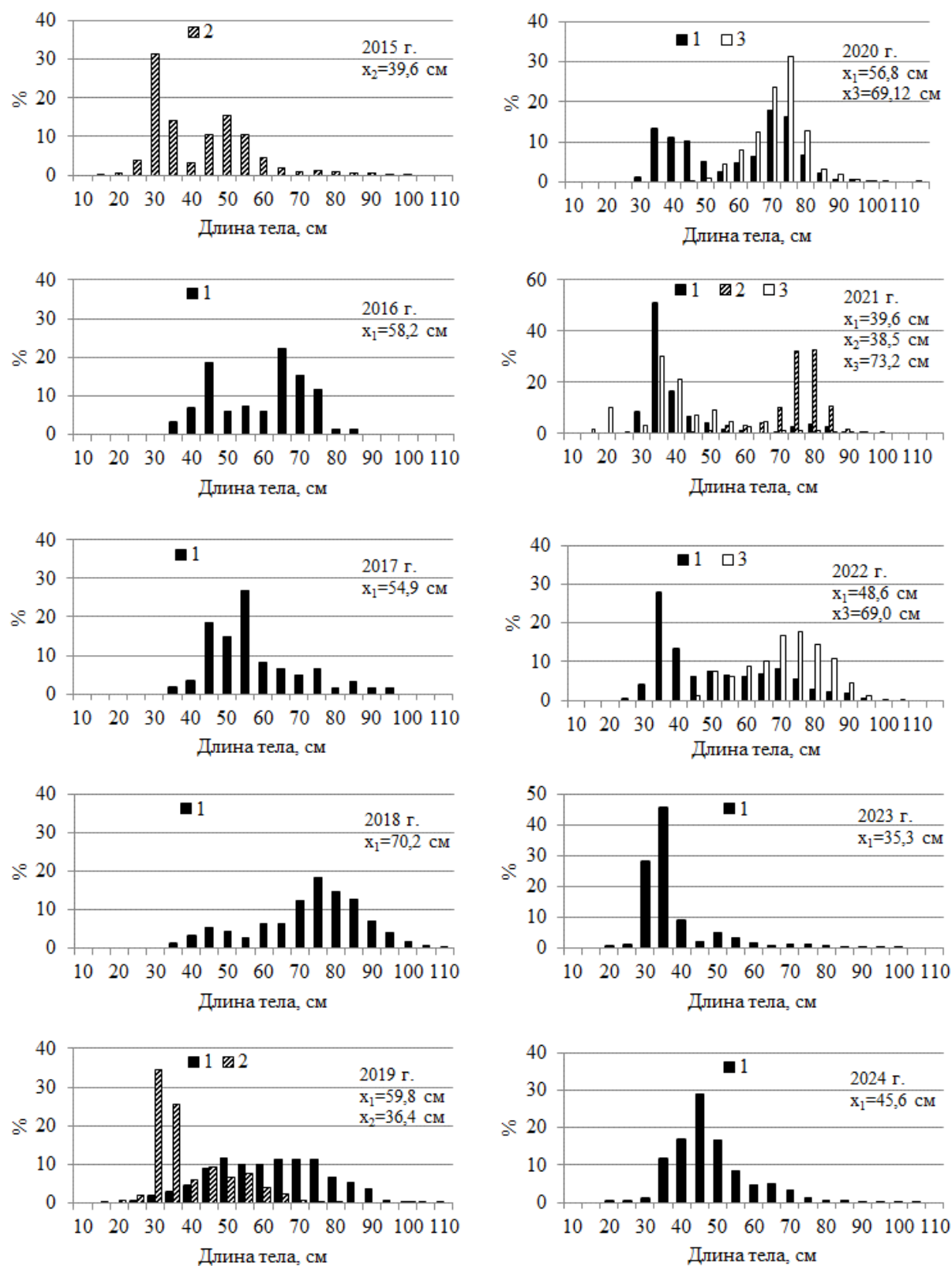


Рис. 69. Размерный состав тихоокеанской трески Северных Курил: (1, x_1 – средняя длина) из промысловых снюрреводных; (2, x_2 – средняя длина) из научных траловых; (3, x_3 – средняя длина) из ярусных уловов в 2015–2024 гг.

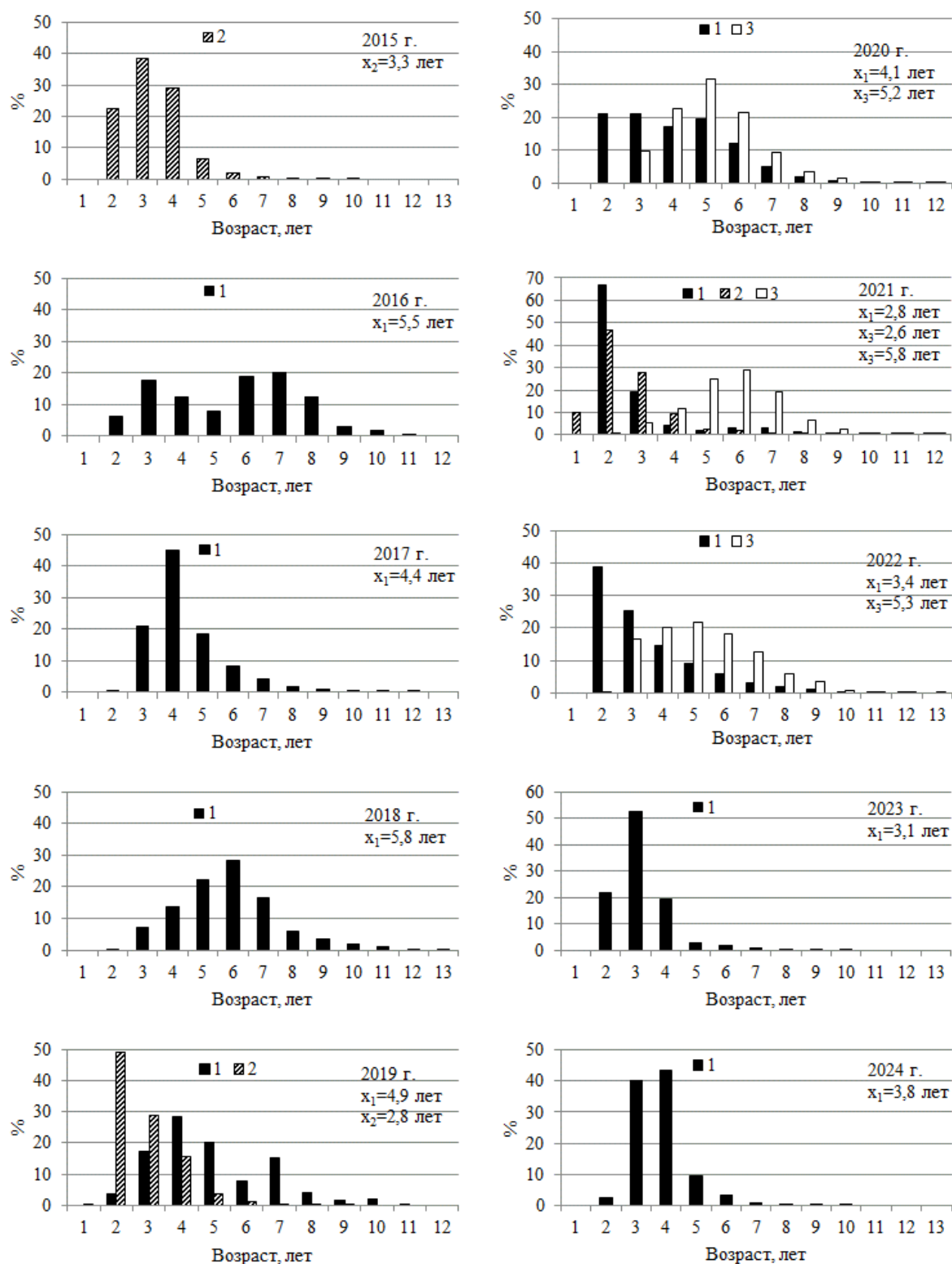


Рис. 70. Возрастной состав тихоокеанской трески Северных Курил: (1, x_1 – средняя длина) из промысловых снюрреводных; (2, x_2 – средняя длина) из научных траловых; (3, x_3 – средняя длина) из ярусных уловов в 2015–2024 гг.

Ниже обосновывается выбор основных ориентиров управления промыслом тихоокеанской трески Северных Курил.

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе – SSB_{lim} , принята ее минимальная оценка за ретроспективный период. Эта величина

составляет 20,7 тыс. т. При снижении биомассы производителей ниже этого уровня, рекомендуется ограничить промысел до минимума.

Граничный ориентир по промысловой смертности $F_{lim}=0,5235(1/\text{год})$, определяющий рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, определен по методу Кадди [Caddy, 1998].

Максимум кривой равновесного улова на единицу пополнения (рис. 71) приходится на $F=0,378(1/\text{год})$. Оценки ориентиров $F_{0.1}$ и $F_{40\%}$ составили 0,2435 (1/год) и 0,2455 (1/год), соответственно. Оценки F_{msy} и F_{med} составили 0,119 (1/год) и 0,103 (1/год), соответственно. Столь низкие значения последних двух параметров обусловлены большим разбросом значений пополнения и нерестовой биомассы и не могут быть приняты во внимание. Целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} определили на уровне, равном параметру $F_{max}=0,376(1/\text{год})$.

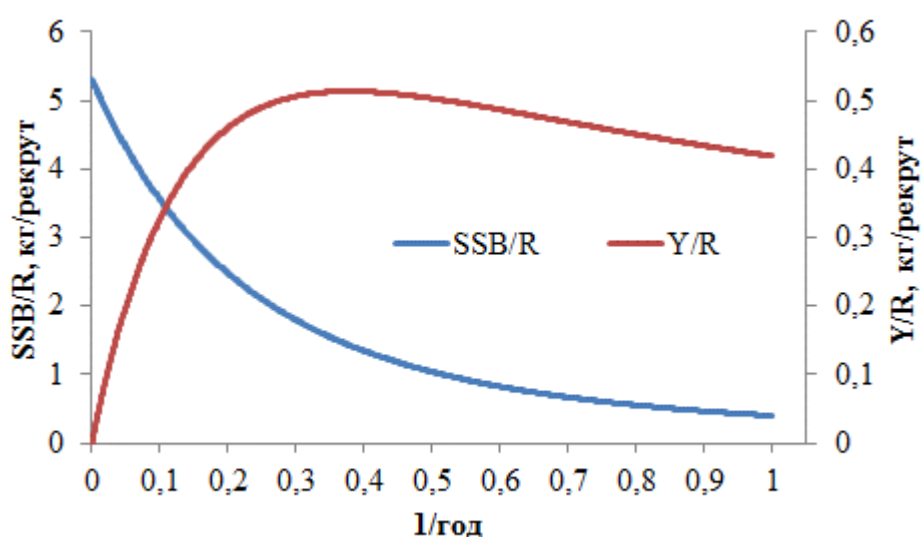


Рис. 71. Зависимость равновесного улова на рекрута Y/R и нерестовой биомассы на рекрута SSB/R от промысловой смертности F для трески Северо-Курильской зоны

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr} , при превышении которого возможно максимальное изъятие, определен как произведение значения равновесной биомассы на единицу пополнения, соответствующего целевому ориентиру по промысловой смертности F_{tr} , на среднюю за последние 10 лет величину пополнения в возрасте 2 года $R(2)=16,99$ млн экз. Таким образом, $SSB_{tr}=33,0$ тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) тихоокеанской трески Северо-Курильской зоны, цель которого – вывод запаса на уровень высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне. Схема ПРП представлена на рисунке 72.

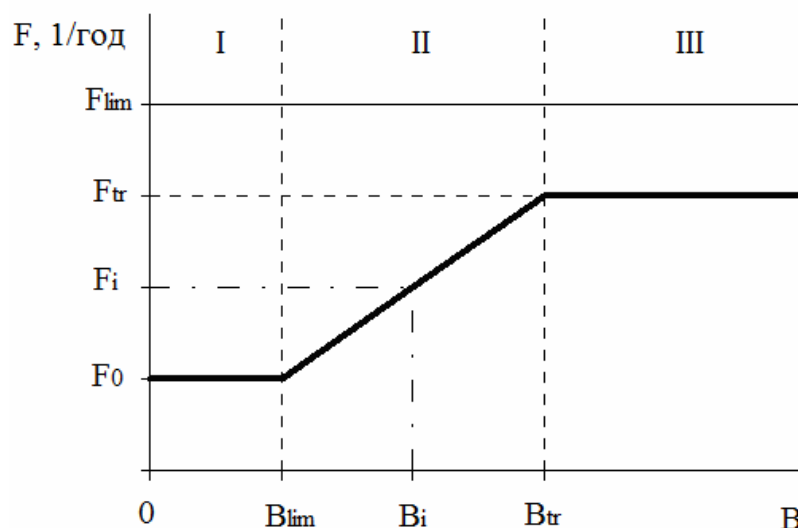


Рис. 72. Правило регулирования промысла тихоокеанской трески Северных Курил

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{rec_i} = F_0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{rec_i} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{rec_i} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса трески на 1–2 года вперед использовали те же значения коэффициентов (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности: $F \approx 0,393$ (1/год) соответствует величине ОДУ на 2025 г, равной 12,0 тыс. т.

В качестве пополнения запаса трески в Северо-Курильской зоне на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность 2-летних рыб. По нашим прогнозам, в 2025–2026 гг. она составит 16,99 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса трески на два года вперед (табл. 12).

Таблица 12

Оценка состояния запаса в 2024 г., прогноз состояния запаса трески Северо-Курильской зоны в 2025–2026 гг.

	Возраст, лет											Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Численность на начало года, млн. экз.	8,64	17,08	9,75	4,80	1,47	0,53	0,25	0,13	0,11	0,05	0,02	42,83
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,036	0,083	0,128	0,150	0,157	0,158	0,158	0,158	0,158	0,157	0,156	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,579	0,689	0,706	0,684	0,659	0,620	0,572	0,513	0,442	0,365	0,365	
Средняя масса рыб, кг	0,259	0,619	1,178	1,952	2,947	4,159	5,582	7,202	9,004	10,973	13,089	
Биомасса на начало года, тыс. т	2,22	10,74	11,59	9,35	4,27	2,16	1,35	0,94	1,01	0,52	0,21	44,36
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	2,15	5,79	6,55	3,85	2,16	1,35	0,94	1,01	0,52	0,21	24,53
2025												
Численность на начало года, млн. экз.	16,99	5,00	11,77	6,88	3,28	0,97	0,33	0,14	0,07	0,05	0,02	45,50
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,048	0,111	0,171	0,200	0,210	0,212	0,212	0,211	0,211	0,210	0,209	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,572	0,670	0,676	0,650	0,625	0,588	0,542	0,486	0,419	0,346	0,346	
Средняя масса рыб, кг	0,259	0,619	1,178	1,952	2,947	4,159	5,582	7,202	9,004	10,973	13,089	
Биомасса на начало года, тыс. т	4,40	3,10	13,86	13,44	9,68	4,02	1,82	1,01	0,61	0,54	0,22	52,70
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	0,63	6,50	10,11	8,83	3,91	1,81	1,01	0,60	0,54	0,22	34,16
2026												
Численность на начало года, млн. экз.	16,99	9,33	3,05	6,88	3,69	1,71	0,47	0,15	0,06	0,02	0,01	42,36
Мгновенный коэф. промысловой смертности, 1/год	0,085	0,197	0,304	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	0,377	
Годовой коэф. выживания с учетом промыслового изъятия	0,551	0,615	0,592	0,545	0,529	0,498	0,460	0,412	0,355	0,293	0,345	
Средняя масса рыб, кг	0,259	0,619	1,178	1,952	2,947	4,159	5,582	7,202	9,004	10,973	13,089	
Биомасса на начало года, тыс. т	4,40	5,78	3,59	13,42	10,88	7,11	2,64	1,07	0,51	0,26	0,19	49,85
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,00	1,18	1,69	10,10	9,93	6,92	2,62	1,06	0,51	0,26	0,19	34,46
Биомасса промыслового запаса, тыс. т	1,00	3,02	2,90	13,42	10,88	7,11	2,64	1,07	0,51	0,26	0,19	43,00
ОДУ, тыс. т	0,06	0,47	0,69	3,79	3,03	1,93	0,69	0,27	0,12	0,06	0,04	11,10

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Прогнозируемый уровень нерестовой биомассы тихоокеанской трески Северных Курил на 2026 г. составляет 34,45 тыс. т, что соответствует области постоянной интенсивности промысла (режим III на рис. 72). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности равно 0,37 (1/год).

Величину ОДУ на i -й прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \text{ [Бабаян, 2000]}, \text{ где:}$$

s_j – возрастные коэффициенты селективности,

w_j – среднемноголетняя масса особей по возрастным группам,

M_j – МКЕС,

$N_{i,j}$ – численность j -ой возрастной группы,

F_{reqi} – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно ПРП, при уровне промысловой биомассы, равной 43,00 тыс. т, ОДУ трески в Северо-Курильской зоне в 2026 г. составит **11,100 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при средней за последние 15 лет величине пополнения биомасса нерестового запаса тихоокеанской трески Северных Курил не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 73).

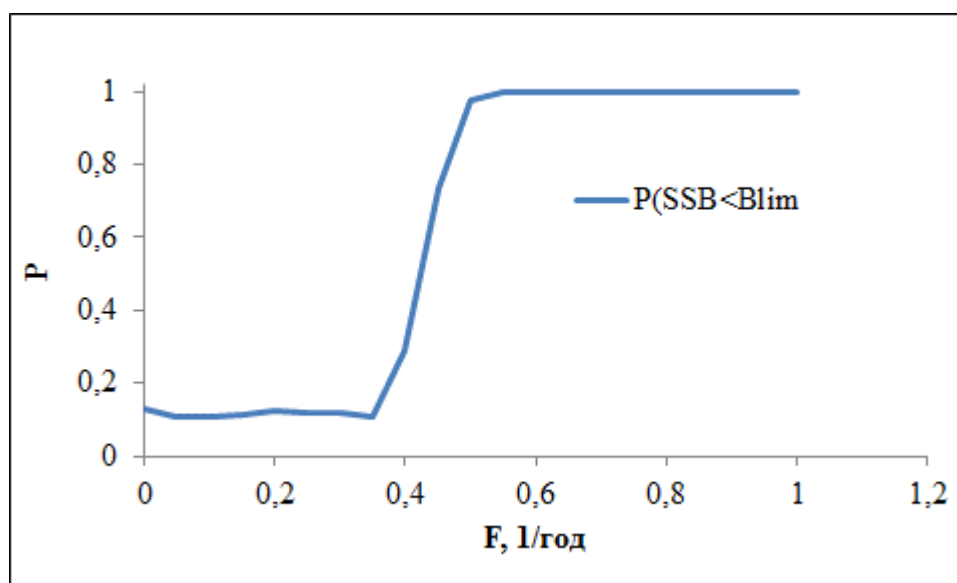


Рис. 73. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелова по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000].

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия.

Как видно из рисунка 74, при соблюдении ПРП запас трески с 95%-ной вероятностью будет находиться на примерном уровне целевого ориентира. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что стратегия управления является эффективной.

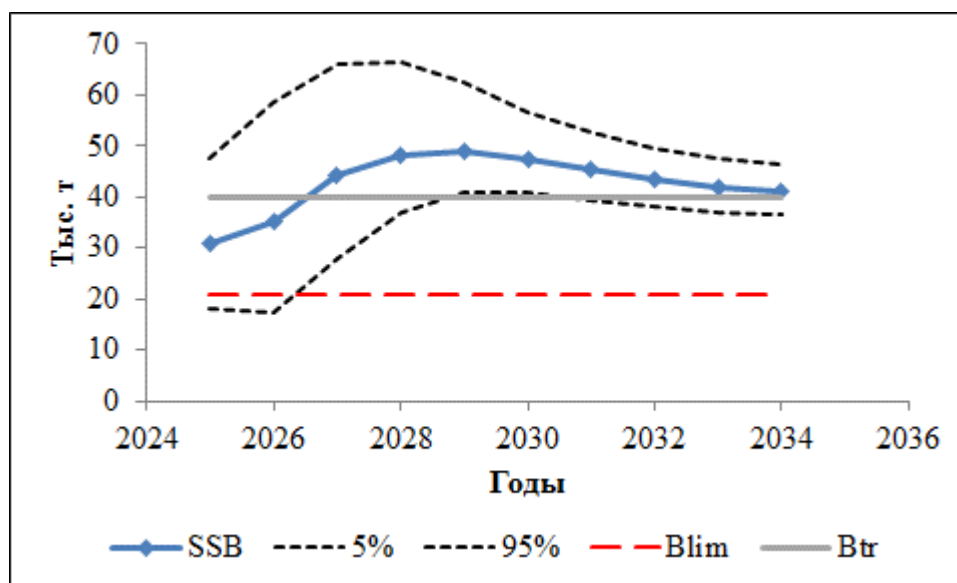


Рис. 74. Процентили распределения оценок биомассы нерестового запаса трески Северо-Курильской зоны в 2025–2034 гг. при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

ОДУ прогнозируется с заблаговременностью два года, и необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперед, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2026} < B_{lim} | ОДУ_{2024}, ОДУ_{2025})$ и $P(F_{2025} > F_{lim} | ОДУ_{2024}, ОДУ_{2025})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,3$ [Бабаян, 2000], то стратегию управления можно принять. Проведенный риск-анализ (рис. 75) показал, что при рекомендуемой в 2026 г. величине ОДУ, равной 11,1 тыс. т, риски перелова по пополнению и по росту могут достигать лишь $\alpha=0,1-0,3$. Следовательно, стратегию управления можно принять.

Окончательный вид ПРП тихоокеанской трески Северных Курил с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2014 по 2026 г. представлен на рисунке 76.

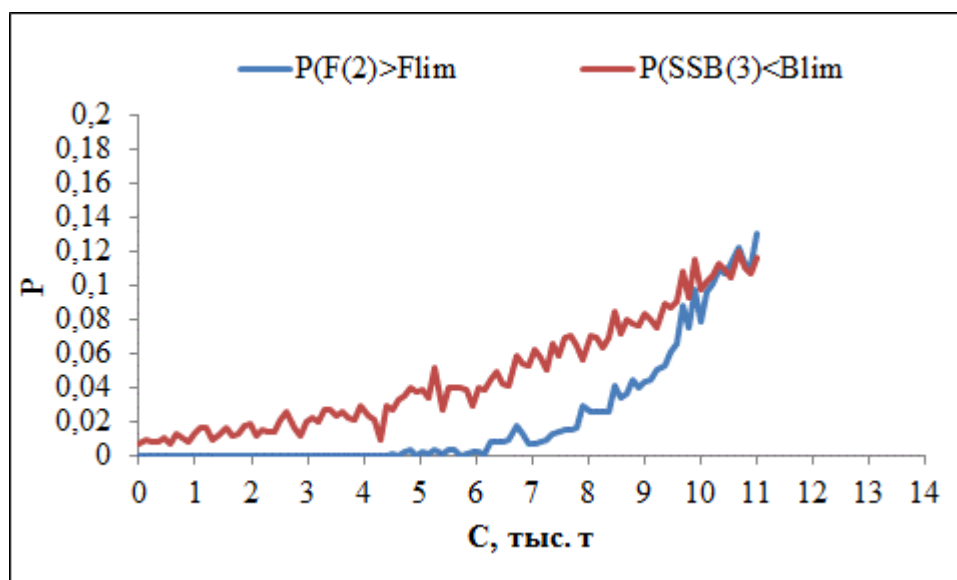


Рис. 75. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса тихоокеанской трески Северных Курил в 2025–2026 гг.

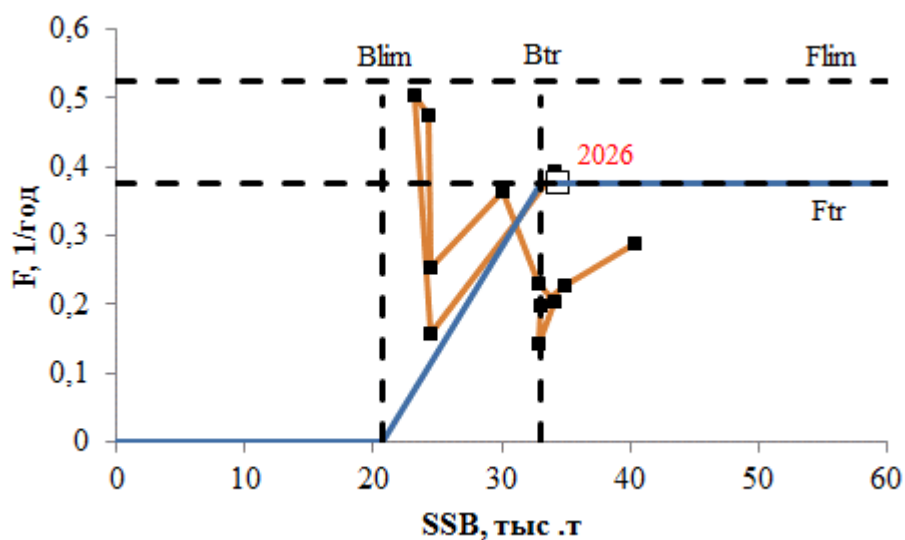


Рис. 76. Реализация правила регулирования промысла трески Северо-Курильской зоны

Таким образом, **ОДУ трески в Северо-Курильской зоне в 2026 г. составит 11,100 тыс. т.**

61.04 - Зона Южно-Курильская

Исполнитель: А.О. Золотов («ТИНРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Исходным материалом для разработки обоснования ОДУ трески Южно-Курильской зоны на 2026 г. послужили биостатистические данные из

уловов донными тралами, ярусами и снюрреводами в период научно-исследовательских рейсов на шельфе и материковом склоне южных Курильских островов в 1974–2021 гг., а также биологическая и промысловая информация, собранная специалистами научно-исследовательских институтов, подведомственных Росрыболовству, из уловов промысловых судов и при работе на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях в 2022–2024 гг.

Для оценки запасов тихоокеанской трески Южных Курил модельными методами в обосновании обобщены архивные данные по размерному составу ее уловов в период траловых съемок, при работе на ярусном и траловом промысле, а также по ее годовому вылову Россией (до 1991 г. – СССР) и Японией в период с 1981 по 2002 гг.

По сравнению с материалами ОДУ трески Южных Курил предыдущего года, по результатам исследований 2024 г. в текущих материалах дополнительно использованы:

- результаты сборов и наблюдений за видовым составом промысловых снюрреводных и траловых уловов и распределением уловов трески этими орудиями промысла в феврале-июне 2024 г. на шельфе о-вов Шикотан, Кунашир и Итуруп, работы производились на рыбоперерабатывающем предприятии ЗАО «Курильский рыбак» (о-в Шикотан), ООО ПФК «Южно-Курильский рыбокомбинат» (о-в Кунашир);

- информация о размерно-возрастном составе снюрреводных и траловых уловов трески на шельфе Южных Курил в период ее промысла в январе-июне 2024 г. Количество массовых промеров (МП) трески – 3096 экз.

- информация официальной промысловой статистики по оперативной отчетности предприятий (ООП) и судовым суточным донесениям (ССД), по данным отраслевой системы «Мониторинг» Росрыболовства (ОСМ) за 2022 г. В целом, данные ООП использованы для определения общего вылова, ССД – для анализа сезонной динамики промысла и межгодовых изменений уловов на усилие. Кроме того, следует иметь в виду, что отчетность по ООП – более полная по российским предприятиям, поскольку включают информацию по маломерным судам, но не содержит данных по вылову иностранным (японским) флотом, которые, напротив, имеются в ССД. Поэтому информация об итоговом годовом вылове представляет комбинацию вылова по ООП, плюс уловы иностранным флотом по ССД.

Общее число использованных в работе массовых промеров из уловов: донным тралами – более 33,6 тыс. т; ярусами – 7,1 тыс. т; снюрреводами на промысле, начиная с 2018 г. – 9,31 тыс. т. Также использованы данные около 2,8 тыс. полных биологических анализов.

Возраст рыб определен по отолитам. Возрастной состав в 1981–2000 гг. рассчитан с помощью размерно-возрастного ключа (~ 400 экз.), полученного по результатам исследований 2003–2014 гг. В 2021 г. работы по оценке возраста трески были возобновлены. По итогам сборов 2020–2022 гг. был составлен новый «зимний» размерно-возрастной ключ (~2,0 тыс. экз.),

позволяющий корректно оценивать возрастные составы уловов трески в период с декабря по май.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Анализируя накопленную к настоящему моменту информацию, следует заключить, что имеющиеся многолетние данные по размерно-возрастному составу, годовому вылову, скорости полового созревания, естественной смертности, результатам учетных съемок, позволяют производить оценку запасов трески с помощью аналитических моделей, и проводить сопоставление с данными прямых учетов.

Результаты исследований позволяют выделить ориентиры управления промыслом для формирования правила его регулирования (ПРП) на основе «принципа предосторожности» [Бабаян, 2000], определить ОДУ и оценить риски для запаса при использовании выбранной стратегии его эксплуатации.

Таким образом, согласно критериям, определенным приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы ВБР...» (далее – Приказ № 104), информационная обеспеченность прогноза соответствует I уровню.

До 2021 г. в качестве базового метода расчета численности и биомассы трески Южных Курил специалистами «ТИНРО» использовался виртуально-популяционный анализ (ВПА), реализованный в программном пакете «VPA version 3.1» [Darby, Flatman, 1994]. В 2021 г., для оценки корректности и сопоставимости результатов расчетов численности трески Южных Курил, получаемых при использовании других когортных моделей, наряду с традиционным ВПА была апробирована модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. В текущем обосновании также приведен пример ретроспективной оценки нерестовой биомассы трески Южных Курил по модели «Синтез».

Модель «Синтез» относится к числу сравнительно простых статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, которая учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Алгоритм модели реализован в ПО, разработанной специалистами «КамчатНИРО». Наряду с другими известными моделями, в 2019 г. она была рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов отечественного рыболовства, к которым относится и треска [Методические рекомендации..., 2018].

В целом, несмотря на некоторые отличия в абсолютных значениях в ретроспективном аспекте, обе модели сходным образом описывали основные черты динамики запаса трески в 1981-2020 гг., отражая исторический максимум на начальном этапе исследований, снижение до минимальных значений в 1991-1995 гг. и последующий постепенный рост, вплоть до последних лет, когда уровень промысловой биомассы стал сопоставим с начальным периодом. Наиболее важно, однако то, что в годы близкие к терминальному, обе модели давали практически идентичные оценки

численности и биомассы, что в перспективе позволяет использовать их в равной степени для определения ОДУ трески Южных Курил.

Кроме того, внутри модели «Синтез» возможно определение ряда параметров, которые могут быть использованы для оценки ориентиров управления промыслом. В текущем обосновании в качестве граничного ориентира по промысловой смертности используется величина, соответствующая максимуму аналитической кривой улова на рекрута $F_{\max}=0,57$, в качестве целевого – $F_{\text{med}}=0,23$. Оба этих параметра были определены в 2022 г. по результатам расчетов ВПА в предыдущие годы, и корректировке не подвергались.

По результатам прогона модели «Синтез» эти два показателя были оценены на уровне $F_{\max}=0,45$ и $F_{\text{med}}=0,24$, т.е. оказались практически идентичными, что также свидетельствует о том, что обе эти модели в равной степени могут быть использованы для оценки запасов трески Южных Курил.

Возможно, в ближайшей перспективе, специалисты «ТИНРО» при оценке запасов трески Южных Курил перейдут на расчеты численности и биомассы по более современной модели. Однако, в рамках настоящего обоснования целесообразным представляется пока сохранить преемственность, сохранив в качестве базовой расчетной модели ВПА.

Основным аргументом, при этом, является то, что, как показано ниже, в начале 2020-х гг., в результате появления трех урожайных поколений, уровень промысловой биомассы трески Южных Курил стал практически сопоставим с максимальным. Для тихоокеанской трески периоды высокой численности не являются характерными [Золотов, 2010; Золотов и др., 2020], и, по всей видимости, в ближайшее время следует ожидать снижения ее запасов, что требует более взвешенного подхода к регулированию промысла.

Учитывая, что смена модели расчетов численности трески Южных Курил, неизбежно повлечет необходимость изменений граничных и целевых ориентиров управления промыслом и, соответственно, трансформацию ПРП, считаем целесообразным пока сохранить метод ВПА в качестве базового, для того, чтобы не подвергать корректировке имеющееся ПРП. Таким образом, на текущем переходном периоде высокой численности, предлагается осуществлять регулирование промысла трески данной группировке в прежней системе координат «промысловая смертность - нерестовый запас».

Резюмируя, расчеты численности и биомассы общего (TSB), промыслового (FSB) и нерестового (SSB) запаса тихоокеанской трески, по данным промысловой статистики и размерно-возрастного состава ярусных и траловых уловов, в рамках текущего обоснования, выполнены методом ВПА. Зависящие от возраста, мгновенные коэффициенты естественной смертности, определяли методом Тюрина [Тюрин, 1972].

Оценку биомассы по данным съемок выполняли с использованием ГИС «КартМастер» [Бизиков и др., 2007], оценка производилась в диапазоне глубин 0–400 м с использованием полигонов Вороного.

Исследования выполняли донными тралами различных конструкций с горизонтальным раскрытием 18–28 м.

При расчетах численности и биомассы по данным съемок, коэффициент уловистости для тихоокеанской трески полагали равным – 0,4, что является общераспространенной практикой при оценке ее запасов по данным донных траловых съемок на Дальневосточном бассейне. Для того, чтобы оценки по съемкам были сопоставимы с модельными расчетами, они были пересчитаны на начало года с учетом вылова на дату проведения исследований и убыли от естественных причин.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Многолетняя динамика уловов. Промысловое освоение ресурсов тихоокеанской трески у Южных Курил имеет достаточно давнюю историю. Ее успешный ярусный лов осуществлялся японскими рыбаками еще в 1930–1940-е гг., когда был зафиксирован предвоенный максимум официального годового вылова – более 22 тыс. т [Золотов и др., 2020]. В последующие годы, с переходом островов под юрисдикцию СССР, и в связи с резким сокращением запасов, ее годовые уловы редко превышали 1-2 тыс. т.

Новый этап развития трескового промысла пришелся на 1980-е гг. и был связан с очередным периодом резкого повышения запасов тихоокеанской трески, характерного, в тот период, для всех районов дальневосточных морей. В 1981–1985 гг. у Южных Курил судами Японии в среднем в год добывали около 11,4 тыс. т (рис. 77), специализированный промысел трески отечественными судами в данном районе отсутствовал, и ее добывали только в качестве прилова – не более 0,43 тыс. т в год. Исторический максимум советского вылова трески пришелся на 1988 г., когда было добыто 16,0 тыс. т, на этот же год пришелся пик суммарных годовых уловов судами России и Японии – около 23 тыс. т, после чего промысловые показатели постепенно пошли на спад.

Снижение запасов тихоокеанской трески в 1990–2000-е гг. привело к сокращению квот трески Южных Курил, выделяемых Японии по межправительственным соглашениям [Ким Сен Ток и др. 2010]. В результате чего ее годовые уловы после 2001 г. снизились. Российские рыбаки, довольно длительное время добывали треску лишь в качестве прилова.

Только в последнее десятилетие, на фоне постепенного роста ее ресурсов, и в связи с развитием береговой рыбоперерабатывающей промышленности на Южных Курилах, наметилась тенденция к ее специализированному освоению.

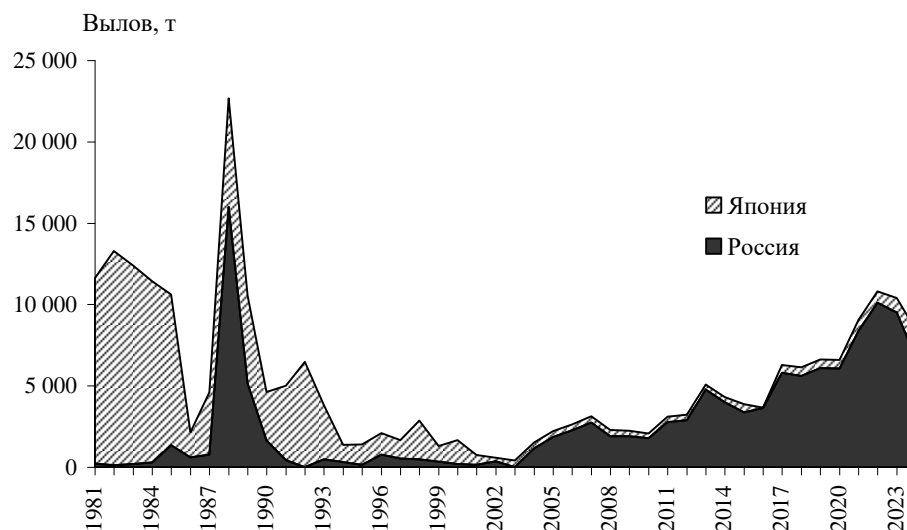


Рис. 77. Многолетняя динамика годовых уловов тихоокеанской трески у южных Курильских о-вов в водах Российской Федерации

По данным ООП в 2013–2021 гг. годовые уловы трески в Южно-Курильской зоне изменялись от 3,9 в 2015 г. до 9,05 тыс. т в 2021 г. В среднем ОДУ осваивался на 69%, а среднегодовой вылов составил 6,3 тыс. т. (табл. 13). В 2022 г вылов тихоокеанской трески оценивался на уровне 10,792 тыс. т, что составляло 86,3% от ОДУ. Это максимальная величина годового вылова, начиная с 1988 г. В 2023 г. годовой вылов южнокурильской трески составлял 10,4 тыс. т. В 2024 г., по состоянию на 23 декабря, на фоне начавшегося снижения запасов, годовой вылов трески уменьшился до 8,44 тыс. т, тем не менее это четвертый результат за более чем 40-летний период.

Таблица 13
Освоение ОДУ тихоокеанской трески Южно-Курильской зоны в 2015–2024 гг.

Год	ОДУ, т	Общий вылов, т	Освоение, %
2015	9600	3905	40,7
2016	9240	4534	49,1
2017	7900	6287	79,6
2018	7310	6128	83,8
2019	9500	6621	69,7
2020	8750	6600	75,4
2021	9520	9047	95,0
2022	12500	10792	86,3
2023	14000	10398	74,3
2024	12200	8438	69,2
Среднее:	10052	7275	72,4

Стабильное состояние промысловых ресурсов трески в водах южных Курильских островов и о-ва Хоккайдо в подтверждают данными о многолетней динамике ее вылова японскими рыбаками, предоставленных

специалистами Японии в рамках совещания по линии международного сотрудничества в октябре 2018 г. в г. Владивостоке [Золотов и др., 2020].

Наряду с добычей в трески в российских водах, прилегающих к западной оконечности о-ва Кунашир, существует ее устойчивый промысел в японских территориальных водах в Кунаширском проливе. При этом, в среднем в год, на данном небольшом участке в 2007-2017 гг. добывалось около 2,7 тыс. т трески.

В тихоокеанских водах, омывающих юго-восточное побережье о-ва Хоккайдо, простирающихся вплоть до Малой Курильской гряды, в многолетней динамике промысла тихоокеанской трески отмечались сходные тенденции, по сравнению с российскими водами Южных Курил. Максимальные уловы пришлись на 1985-1995 гг., после чего наблюдалась устойчивая тенденция к снижению годового вылова, вплоть до минимума в 2003 г. Впоследствии, и до настоящего времени, происходило постепенное увеличение годовой добычи и в среднем в 2007-2017 гг. в данном районе японские рыбаки добывали около 15,2 тыс. т.

Структура промысла. В отличие, например, от Северных Курил, структура промысла тихоокеанской трески у южных Курильских о-ов еще продолжает формироваться [Золотов и др., 2020].

В начале 2000-х гг. невысокий уровень ее запасов, значительные объемы, выделяемые для промысла по межправительственным соглашениям и низкий уровень развития собственной береговой переработки, приводил к тому, что небольшие объемы квот успешно осваивались российским траловым флотом в прилове, а специализированный снюрреводный лов был не развит. По опубликованным данным [Ким сен Ток и др., 2010] доля снюрреводного промысла в этом районе до середины 2000-х годов составляла лишь около 12,2%.

В 2003-2013 гг. наибольший вклад в годовые уловы трески у Южных Курил еще обеспечивали российские суда, оснащенные тралами, на долю которых приходилось почти 53% (рис. 78). В 2014-2019 гг. основной акцент сместился на снюрреводный лов, на который в среднем приходилось уже более половины годового вылова, а доля тралового промысла сократилась до 36,1%.

Полагаем, что такая ситуация стала возможной в связи с ускоренным развитием рыбоперерабатывающих береговых мощностей и возросшей потребностью в ресурсах для переработки, а также поступательным ростом запасов трески, квоты на которую уже не могли быть освоены при траловом лове в ограниченный период формирования преднерестовых скоплений. Снюрреводы же, являются более эффективным орудием при облове нагульных, относительно разреженных, скоплений в теплый период года.

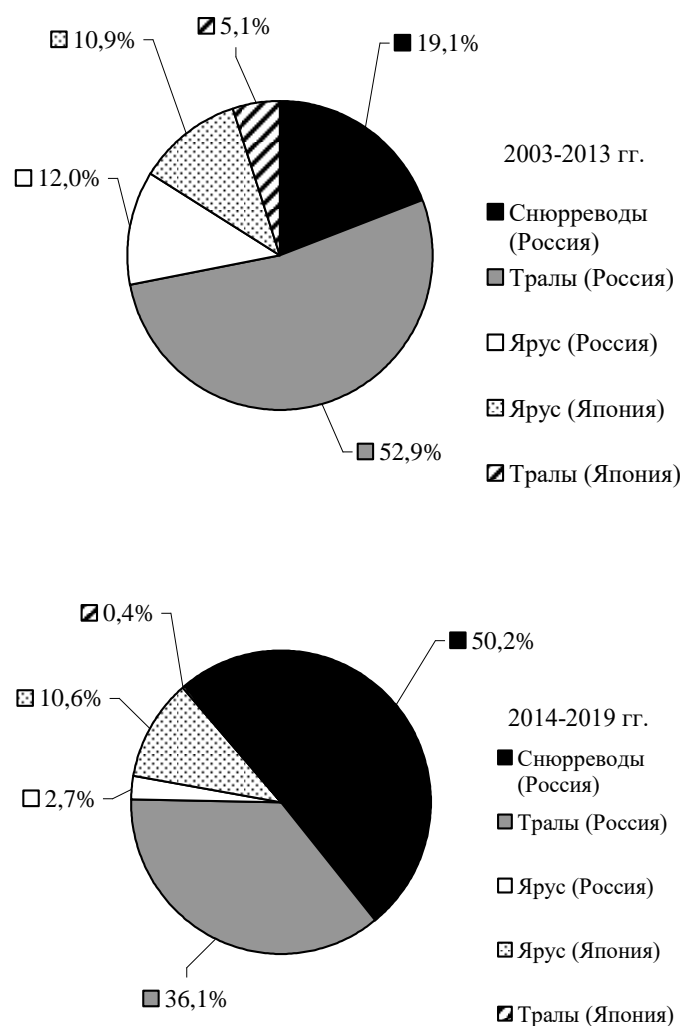


Рис. 78. Структура промысла тихоокеанской трески Южных Курил в 2003-2013 гг. (вверху) и в 2014-2019 гг. (внизу)

Также можно заметить, что, за последние пять лет, практически прекратил свое существование японский траловый промысел. Ярусный лов трески рыбаками Японии сохранился в прежних объемах, и осуществляется исключительно малотоннажным флотом, и только в период с ноября по февраль (рис. 79 В). Российские суда к 2019 г. сократили ярусный лов трески у Южных Курил почти в четыре раза, по сравнению с предыдущим периодом.

В 2021 г. указанные процессы перераспределения в структуре промысла трески Южных Курил получили развитие. Так полностью прекратился ее ярусный лов российскими судами. Доля ее вылова траловым флотом сократилась до 1,3%. Вклад японских ярусоловов составил около 7,3%, а остальное было добыто снюрреводами.

В настоящий момент снюрреводным промыслом охвачен почти весь участок шельфа от юго-западной оконечности о-ва Кунашир до восточной оконечности о-ва Итуруп вплоть до 45° с.ш., включая мелководный Южно-Курильский пролив между о-вами Кунашир и Шикотан, а также

прол. Екатерины (рис. 79А). Кроме того, ограниченный лов снюрреводами существует и в ряде небольших заливов с охотоморской стороны о-ва Итуруп.

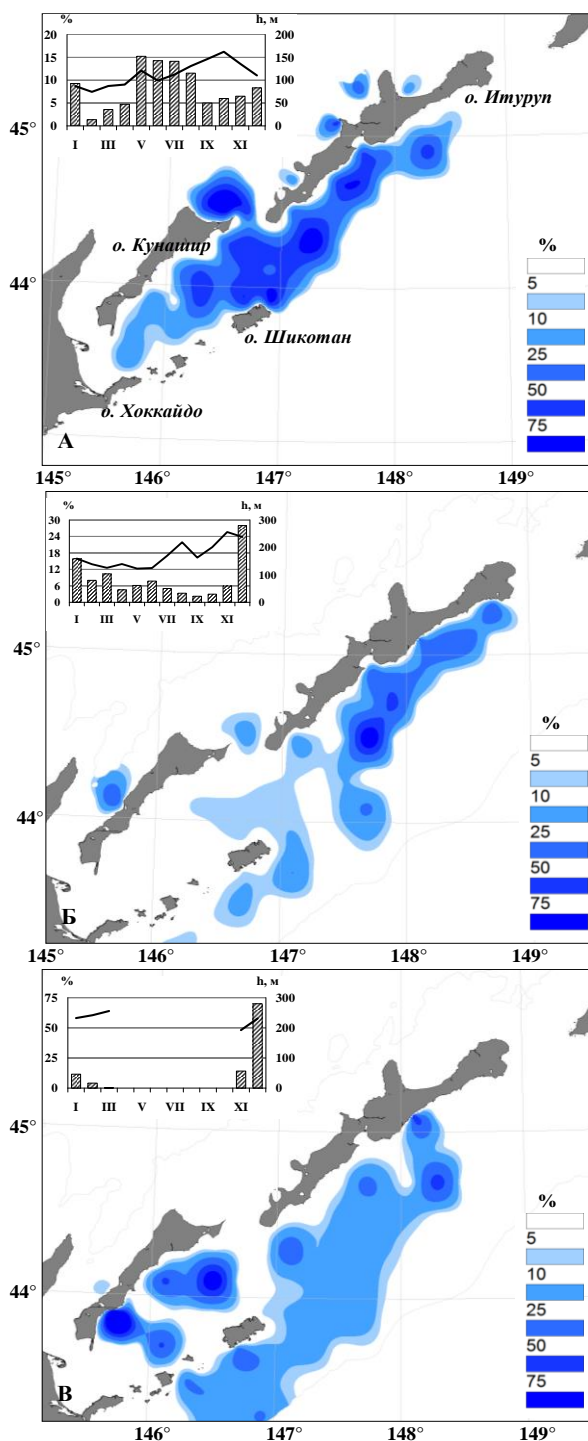


Рис. 79. Осредненное распределение уловов на шельфе южных Курильских о-вов (в % от максимальных значений) тихоокеанской трески при промысле: А – снюрреводами (Россия), Б – тралами (Россия), В – ярусами (Япония). На диаграмме дополнительно указано сезонное распределение уловов (гистограмма) и осредненная глубина ведения промысла (линия)

Наиболее эффективный промысел происходит с мая по август на глубинах от 100 до 130 м, при этом наблюдается выраженная тенденция к росту уловов в течение года, от февраля к октябрю, когда максимальный вылов на судосутки превышает 8 т (рис. 80).

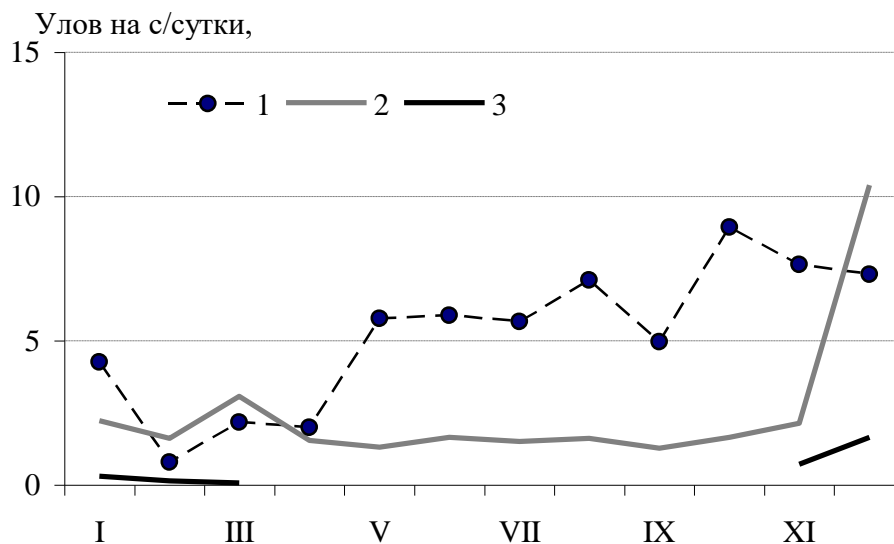


Рис. 80. Сезонная динамика уловов тихоокеанской трески на судосутки промысла на шельфе Южных Курил. 1 – снюрреводы, 2 – тралы (донные и пелагические), 3 – яруса (Япония)

Наиболее интенсивный траловый промысел трески в настоящий момент осуществляется российскими судами в период с декабря по март. При этом основным участком промысла является внешний шельф о-ва Итуруп с тихоокеанской стороны на глубинах от 150 до 250 м (рис. 79Б). Уловы на судосутки тралового промысла максимальны в декабре, в период формирования преднерестовых скоплений и превышают 10 т на судосутки. В остальное время треску тралами облавливают в незначительных количествах, видимо, в качестве прилова, так как уловы на усилие не превышают 2 т.

Ярусный лов трески малотоннажным флотом Японии охватывает внешний участок шельфа с тихоокеанской стороны Малой Курильской гряды и о-вом Итуруп, а также мелководный Южно-Курильский пролив. Однако, судя по минимальным величинам уловов на усилие, которые в самый продуктивный сезон не превышают 2 т (рис. 80), треска не является целевым объектом промысла и добывается в прилове.

Наблюдения за промыслом трески, выполненные в январе-апреле 2020 г. при работе на Р/З «Крабозаводское» ЗАО «Курильский рыбак» (о-в Шикотан), в целом, подтвердили выявленные особенности распределения ее уловов. Несмотря на то, что целевым объектом прибрежного промысла был минтай, основным объектом прилова являлась тихоокеанская треска. Ее встречаемость в снюрреводных уловах достигала 96,4%, а в траловых была вполукну меньшей – 42,6%. При этом, в уловах отдельных уловов и заматов треска являлась доминирующим видом.

Основной район снюрреводного промысла был сосредоточен на участке южно-курильского мелководья между о-вами Кунашир и Шикотан, прилежащем к прол. Екатерины, тогда как тралами треску облавливали в основном на шельфовом участке с тихоокеанской стороны о-ва Итуруп, напротив зал. Касатка.

Что касается межгодовой динамики промысловых показателей (рис. 81), то можно заметить, что в 2018-2021 гг. отмечено снижение числа судосуток промысла, проведенных снюрреводным и траловым флотом, подающим ССД, на лову, при одновременном поступательном росте уловов на усилие.

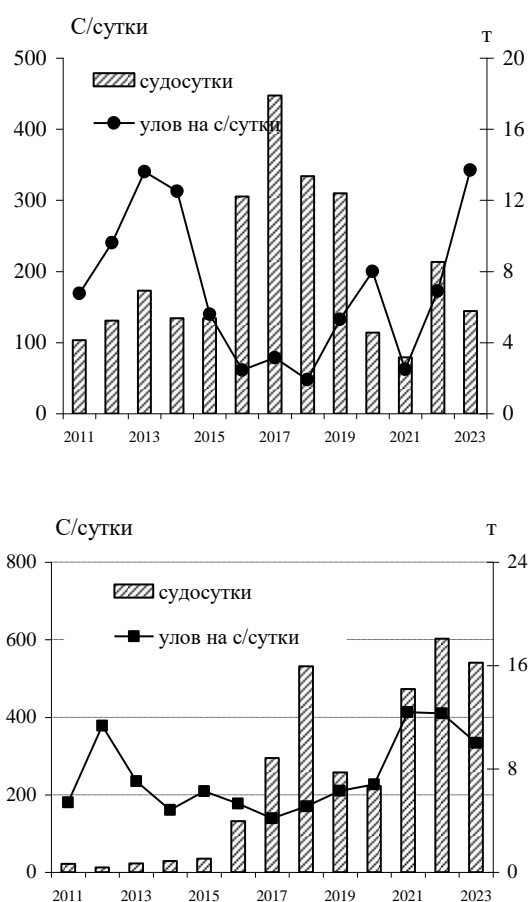


Рис. 81. Динамика количества усилий и уловов трески на усилие при осуществлении тралового (вверху) и снюрреводного (внизу) промысла трески у южных Курильских о-вов в 2011-2023 гг.

В 2023 г. уловы на усилие для судов, оснащенных тралами, оказались максимальными с 2011 г., однако весь вылов, по сути дела, был показан в марте, на нерестовых скоплениях, и в остальное время года треска тралами добывалась лишь в прилове.

У снюрреводного флота в 2024 г. и количество судосуток на промысле, и среднесуточная величина вылова, по сравнению с 2022 г. незначительно снизились. Что может косвенно свидетельствовать о начале постепенного сокращения запасов трески Южных Курил. Высокие показатели тралового

флота в 2024 г. были достигнуты лишь за счет работы судов РК «Островной», «Таймания» и «Арктик», основной вылов которых пришёлся на март, при промысле на нерестовых скоплениях.

Состояние запасов трески Методы прямого учета. По определению численность популяции определяется урожайностью и количеством поколений слагающих ее. При этом, появление генераций повышенной численности обычно проявляется в доминировании в размерно-возрастном составе научных и промысловых уловов особей определенной длины. Для тихоокеанской трески это, как правило, 2-3 годовики, размером 25-50 см.

В целом, для трески Южных Курил не характерно наличие в составе более одного, максимум двух, поколений повышенной урожайности. Согласно данным когортных расчетов (рис. 82), среднемноголетняя численность ее поколений в возрасте 2 полных лет оценивалась на уровне 6,8 млн экз., при этом максимум ихтиомассы достигался на 5 году жизни.

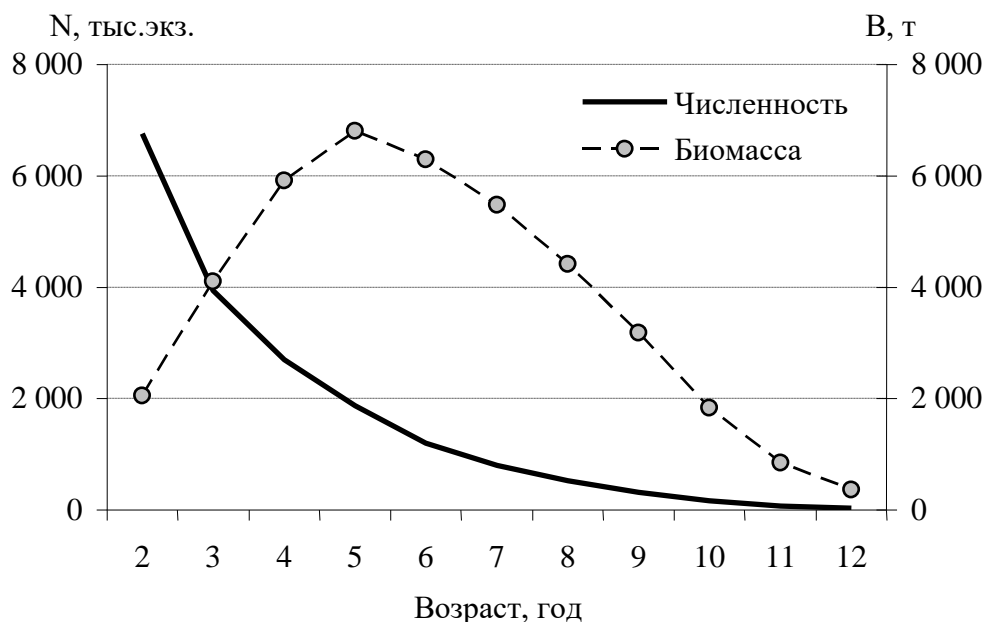


Рис. 82. Кривая выживания и ихтиомассы «среднего» поколения трески Южных Курил по данным ретроспективного когортного анализа

Исходя из сравнительного анализа результатов учетных работ на шельфе Южных Курил в 2019-2020 гг. и данных модельных оценок, в последнее десятилетие, к поколениям повышенной урожайности, численность которых в возрасте 2 года (R2) превышала среднемноголетнюю, можно отнести генерации 2010 и 2015-2017 гг. рождения.

При проведении донных траловых исследований в 2010 г, основной вклад в уловы обеспечивали особи генерации 2007 г. рождения (табл. 14), когда их доля по численности составляла около 39,0%. На следующий год наблюдений она сократилась до 26,5%. Таким образом, в 2011–2013 гг. структура траловых уловов в летний период в значительной мере определялась одним поколением 2007 г., численность которого в возрасте R2 оценивалась на уровне 6,6 млн экз., т.е. была близка к среднемноголетней.

В 2012 г., при выполнении учетной съемки в Южно-Курильском проливе, была отмечена высокая доля молоди 2010 г. рождения (69,5% от общей численности).

Таблица 14

Возрастной состав трески Южных Курил из донных траловых уловов в период съемок в 2002-2020 гг., %

Год	Возраст, год											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	0	6,9	13,2	17,8	30,3	14,1	9,0	4,1	2,9	1,0	0,5	0,2
2003	0	16,2	30,7	34,5	12,1	4,2	1,6	0,4	0,2	0,1	0	0
2004	4,3	34,6	13,2	20,7	13,3	7,3	4,0	1,4	0,7	0,3	0,1	0,1
2005	0	8,5	15,1	20,4	26,5	15,1	10,2	3,8	0,4	0	0	0
2007	0	13,0	69,4	9,7	4,6	1,8	0,9	0,4	0,3	0	0	0
2008	0	3,0	28,1	31,8	16,7	10,3	4,5	2,4	1,8	1,2	0,2	0
2009	0,2	47,5	37,3	8,7	2,9	1,5	1,5	0,3	0,1	0	0	0
2010	0	34,1	39,1	15,8	5,0	2,9	1,4	0,8	0,5	0,4	0	0
2011	0	9,7	35,7	26,5	13,9	6,6	3,5	2,2	1,2	0,7	0	0
2012	0	69,5	5,9	7,1	7,9	5,3	2,6	0,8	0,5	0,4	0	0
2014	0	11,2	15,4	38,3	25,1	7,3	2,6	0,1	0	0	0	0
2018	19,1	41,1	7,0	12,0	13,5	4,3	1,7	0,5	0,4	0,3	0,1	0
2019	0	22,2	51,7	25,1	0,9	0,1	0	0	0	0	0	0
2020	0,2	10,5	32,6	29,7	15,5	6,4	2,6	1,0	0,9	0,57	0,03	0

Впоследствии, поколение 2010 г., которое полностью вступило в промысел к 2015 г., составляло основу промыслового запаса. Численность этой генерации в возрасте 2-х лет оценивалась на уровне 7,2 млн экз., т.е. была выше среднегодовалого уровня.

В августе–сентябре 2014 г. основу уловов составляли 4–6 годовики длиной 50–75 см, на долю которых приходилось около $\frac{3}{4}$ от общей численности. Обращал на себя внимание значительный вклад в уловы 4-годовалых особей 2010 г. рождения, повышенную урожайность которых отмечали выше. Их доля в уловах в 2014 г. достигала 38,3%.

К сожалению, в 2015-2017 гг. донные траловые исследования, позволяющие оценить размерно-возрастную структуру запаса трески Южных Курил не осуществлялись.

Распределение и размерно-возрастной состав уловов тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил летом 2018 г. были довольно типичными (табл. 14, рис. 83). Основные концентрации были приурочены к Южно-Курильскому мелководью и участкам, прилегающим к тихоокеанскому побережью о-ва Итуруп. При этом в уловах доминировала молодь возрастом 2 года, и размером 20-30 см. На их долю приходилось около 60% по численности. Очевидно, эти рыбы представляли собой, относительно высокочисленную, генерацию 2016 г. рождения.

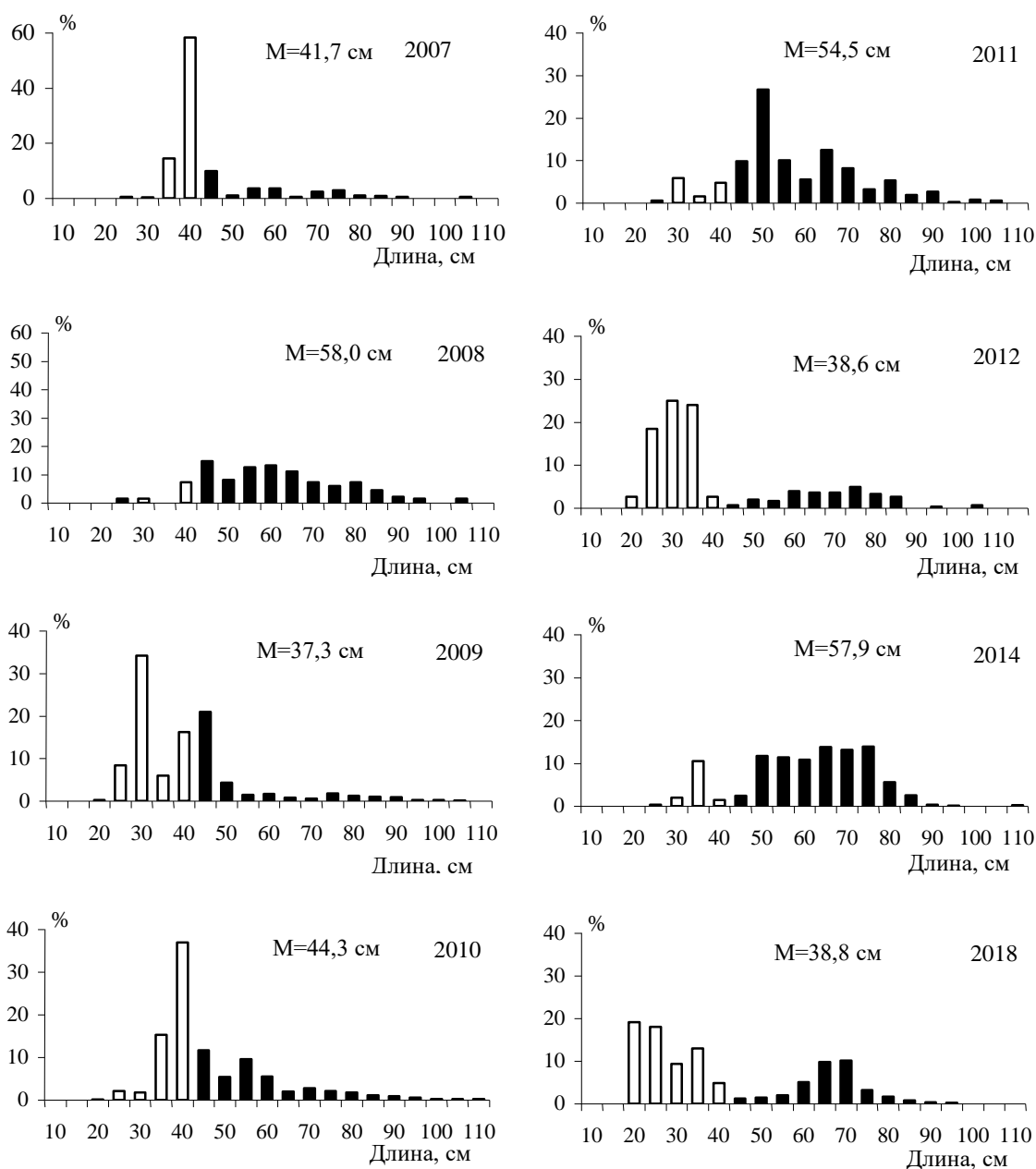


Рис. 83. Размерный состав трески южных Курильских о-вов в траловых уловах в период проведения донных траловых съемок в 2007–2018 гг., белым цветом на гистограмме выделены особи непромыслового размера

Оценка промысловой биомассы по данным съемки осуществлялась исходя из учтенной численности (с учетом коэффициента уловистости 0,4) и в соответствии с фактическим размерным составом уловов. По известной зависимости «длина тела – масса» трески оценивался вклад каждой группы и определение промысловой биомассы (рис. 84, 85).

По данным выполненной в 2018 г. донной траловой съемки оценка промысловой биомассы составила 36,9 тыс. т, нерестовой – 23,2 тыс. т. С учетом текущего вылова (по состоянию на конец августа) и убыли от естественных причин за первые 8 месяцев года, промысловая биомасса на начало 2018 г. оценивалась на уровне 46,6 тыс. т.

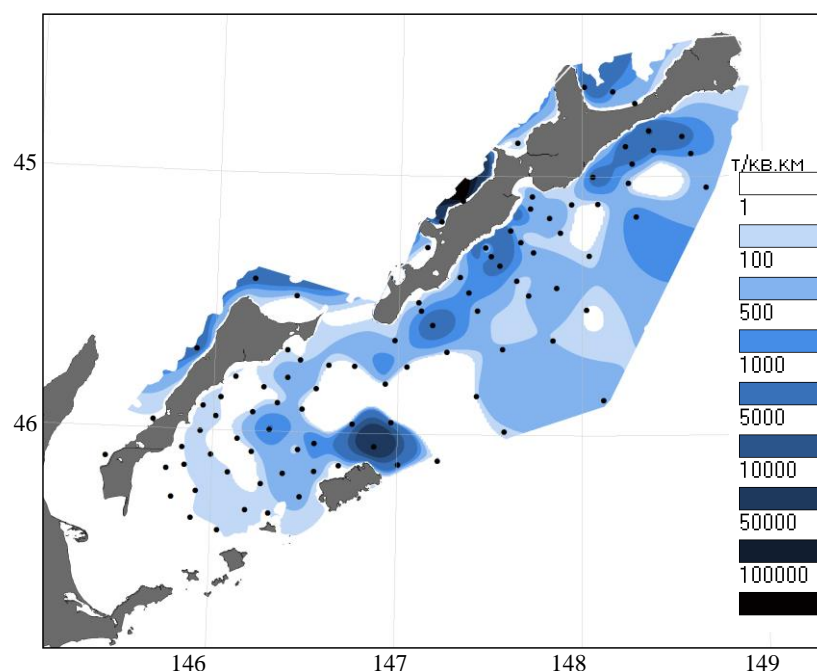


Рис. 84. Распределение биомассы тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил в июле-августе 2018 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Бухоро», кг/км²

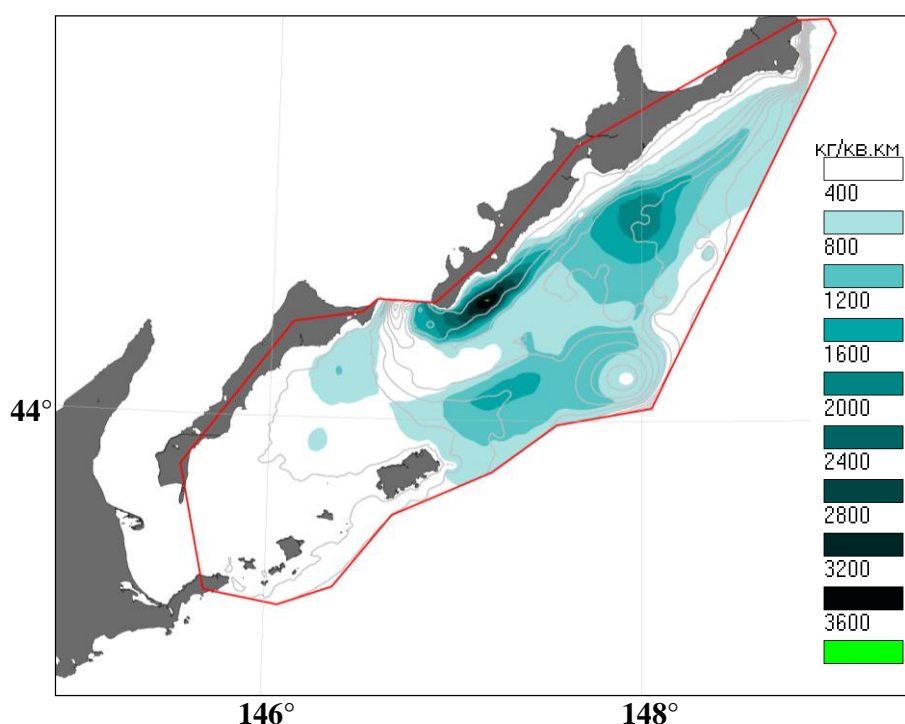


Рис. 85. Распределение биомассы тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил в ноябре 2019 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Владимир Сафонов», кг/км²

Оценка численности поколения 2016 г. рождения, полученная на основе когортного моделирования текущего 2023 г., в возрасте R2 составляла около 14,8 млн экз., что, почти в 2,2 раза выше среднегодового уровня. Иными словами данная генерация может быть отнесена к высокоурожайным. В ноябре 2019 г. донными траловыми исследованиями был охвачен только лишь тихоокеанский участок шельфа, прилегающий к о-вов Кунашир и

Итуруп, включая южно-курильское мелководье (рис. 85). Основные концентрации трески отмечались к югу, юго-западу от о-ва Итуруп, на изобатах от 100 до 300 м. В уловах доминировали рыбы 2016 г. рождения длиной 40-45 см. На их долю приходилось свыше 62% от общей численности.

По данным выполненной в 2019 г. донной траловой съемки, оценка промысловой биомассы на начало года, с учетом текущего вылова и убыли от естественных причин, составила около 36,5 тыс. т. Это несколько меньше, чем в 2018 г., однако, в целом, величина биомассы на уровне 36,5 тыс. т – четвертый результат на всем историческом ряду наблюдений.

Очередные мониторинговые исследования на шельфе Южных Курил, направленные на оценку запасов донных видов рыб были проведены на НИС «Дмитрий Песков» в октябре 2020 г. При этом, в ходе съемки была учтена максимальная биомасса трески за весь исторический период осуществления подобных работ.

Основные концентрации трески отмечались на обширном участке шельфа (рис. 86), примыкающем с тихоокеанской стороны к юго-западной части о-ва Итуруп, от зал. Касатка вплоть до южно-курильского мелководья. Причем, на самом мелководье, между о-вами Кунашир и Шикотан, скопления трески отсутствовали.

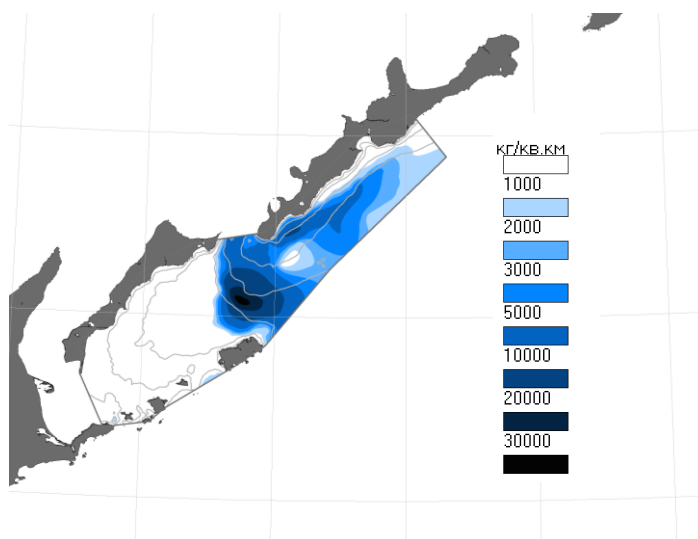


Рис. 86. Распределение биомассы тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил в октябре 2020 г. по данным донной траловой съемки на НИС «Дмитрий Песков», кг/км²

Наибольшая плотность концентрации, достигавшая 30 т/км² отмечалась на участке шельфа, который является продолжением прол. Екатерины, к северу и северо-востоку от о-ва Шикотан.

В уловах доминировали рыбы длиной 40-65 см длиной, на долю которых приходилось около 73%. Оценка общей численности трески, учтенной при проведении донной траловой съемки в 2020 г. на шельфе Южных Курил, составила 35,5 млн экз., общей биомассы – 78,8 тыс. т. С учетом данных о размерном составе уловов, оценка промысловой биомассы

трески на конец октября 2020 г. составила около 76,6 тыс. т, причем около 64,4% этой величины обеспечивали особи генераций 2015-2017 гг. рождения.

При пересчете этих данных с помощью когортной процедуры с учетом естественной смертности и фактического вылова на начало 2020 г., оценка промысловой биомассы составляет 51,1 тыс. т. Если транслировать эту величину с помощью обращенной когортной процедуры вперед на начало 2021 г., то 73,2 тыс. т. Две эти оценки использованы при настройке когортной модели при прогнозировании запасов и ОДУ трески на 2023-2024 гг.

Чтобы понять причины столь резкого роста промысловой биомассы, необходимо обратиться к диаграмме, характеризующей динамику возрастного состава трески в 2018-2020 гг. (рис. 87).

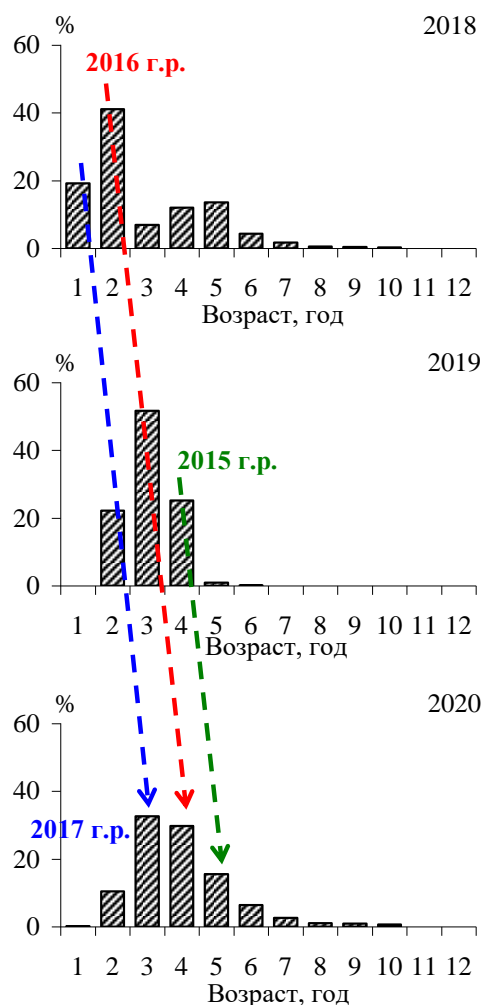


Рис. 87. Возрастной состав уловов трески на шельфе южных Курильских о-вов по результатам донных траловых съемок 2018-2020 гг.

Как можно видеть, в 2020 г. основу промыслового запаса трески формировали особи трех поколений 2015-2017 гг. рождения, доминирование которых в донных траловых отчетливо прослеживается на протяжении трех последних лет. О повышенной численности поколения южно-курильской трески 2016 г. уже говорилось выше.

Оценка численности поколения 2015 и 2017 гг. рождения в возрасте R2, по результатам когортного моделирования в 2023 г. составила около 12,2 и 13,2 млн экз., что, соответственно в 1,8 и 1,9 раза выше среднемноголетних значений.

Таким образом, высокий уровень промыслового запаса тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил в 2020-2022 гг., объясняется тем, что, на текущий момент, в его формировании принимают участие особи трех высокоурожайных генераций 2015-2017 гг. рождения, численность каждой из которых почти в 2 раза превышает среднемноголетнюю, что, вообще говоря, для данной группировки, является уникальной ситуацией.

В результате, к началу 2020-х гг. промысловая биомасса трески Южных Курил достигла уровня 65-75 тыс. т, что сопоставимо с периодом его максимальных значений в начале 1980-х годов.

Методы, основанные на промысловых данных. Основные способы добычи трески у Южных Курил - ярусный, траловый и снюрреводный лов, два последних подразделяются на два сезона: зимне-весенний и летне-осенний, когда эксплуатируются разные части запаса (рис. 88-93).

При промысле донным ярусом основу уловов составляют рыбы длиной 60–80 см длиной и возрастом 4–5 лет, на долю которых приходится более 40% по численности. Прилов тихоокеанской трески, при летнем траловом промысле других объектов, обычно представлен особями длиной 35–50 см, на долю которых приходится более половины уловов.

Наблюдения на весеннем специализированном траловом промысле трески в 2013–2015 и в 2017 гг. показали, что, в уловах доминировали 5–6 летние рыбы, длиной 70–80 см, доля которых по численности составляла около 60-70%. Прилов молоди при этом отсутствовал.

С 2019 г., с организацией «ТИНРО» на о-ве Шикотан постоянного пункта научных исследований НИС «Океаническая», появилась возможность постоянного мониторинга размерно-возрастного состава трески из промысловых уловов.

В 2020 г. (рис. 90-91), при анализе размерно-возрастного состава траловых и снюрреводных уловов в период с января по апрель выяснено, что промысел в основном базировался на облове половозрелых рыб, длиной 55–80 см и возрастом 3-6 полных лет. Причем, если основу снюрреводных уловов составляли 4-5-годовики, на долю которых приходилось около 46,8% уловов, то треска в прилове при промысле минтая была несколько крупнее, и здесь более заметен был вклад 6-7-и годовалых рыб, на участке с тихоокеанской стороны о-ва Итуруп достигавший около 29,6% от общей численности уловов.

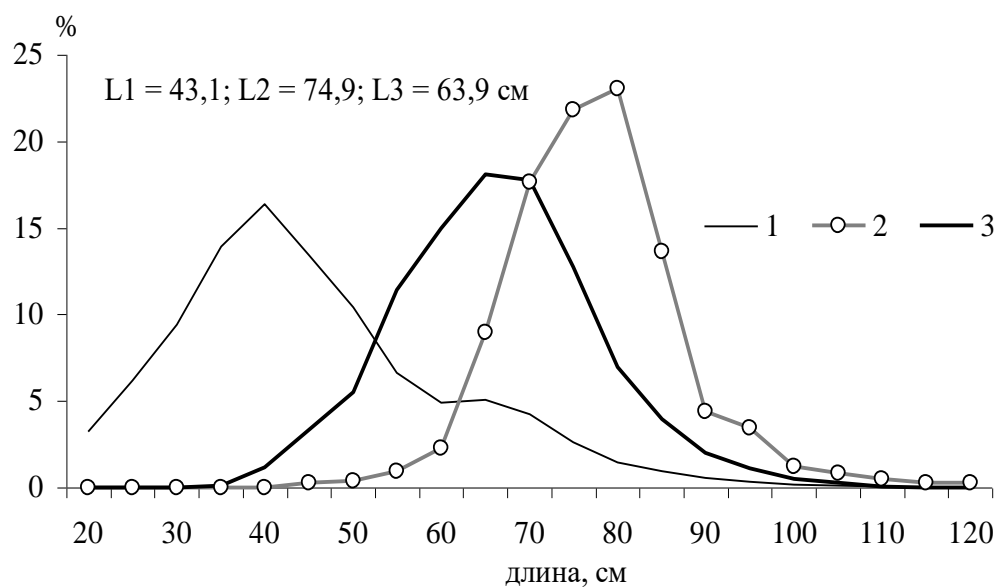


Рис. 88. Среднеголетний размерный состав тихоокеанской трески в промысловых уловах. 1 – донные тралы (лето-осень), 2 – донные тралы (преднерестовый период, февраль–март); 3–донный ярус. Указана средняя длина особей в уловах

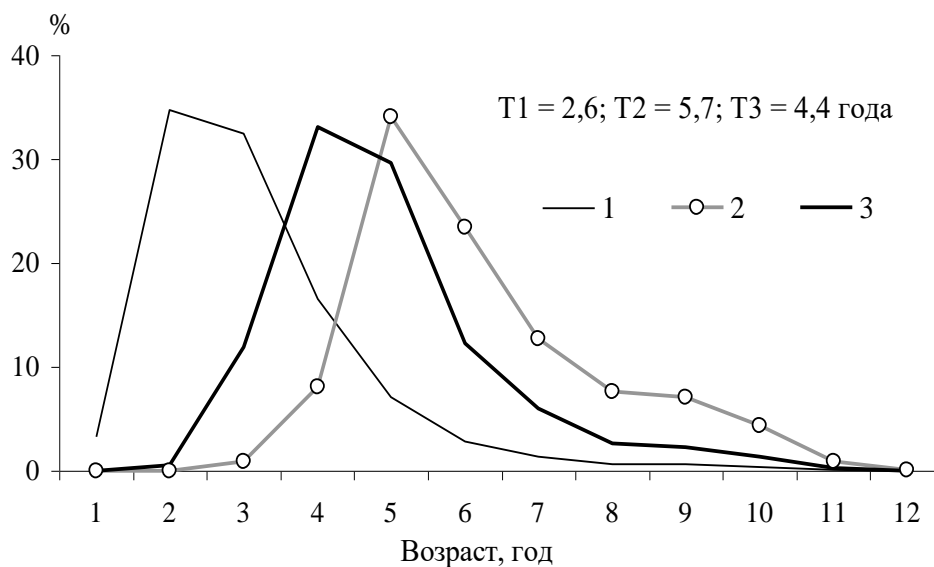


Рис. 89. Среднеголетний возрастной состав тихоокеанской трески в промысловых уловах. 1 – донные тралы (лето-осень), 2 – донные тралы (преднерестовый период, февраль–март); 3 – донный ярус. Указан средний возраст особей в уловах

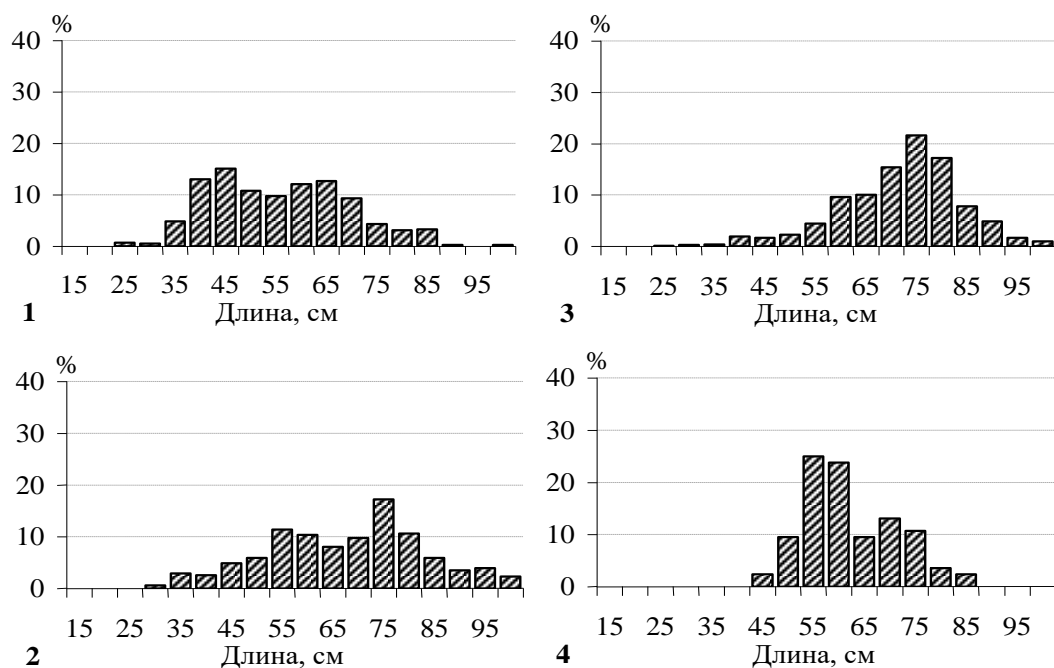


Рис. 90. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе Южных Курильских о-вов в 2020 г. 1 – донная траловая съемка, октябрь; 2 – снюрреводы, январь-апрель; 3 – тралы, тихоокеанский шельф, январь-апрель; 4 – тралы, охотоморский шельф, январь-апрель

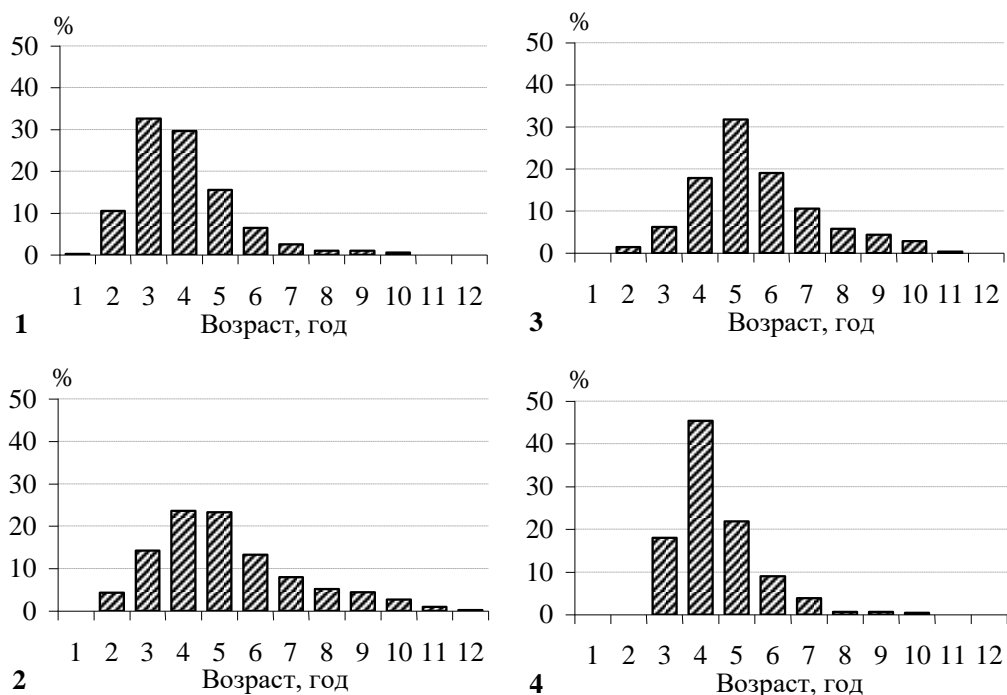


Рис. 91. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2020 г. 1 – донная траловая съемка, октябрь; 2 – снюрреводы, январь-апрель; 3 – тралы, тихоокеанский шельф, январь-апрель; 4 – тралы, охотоморский шельф, январь-апрель

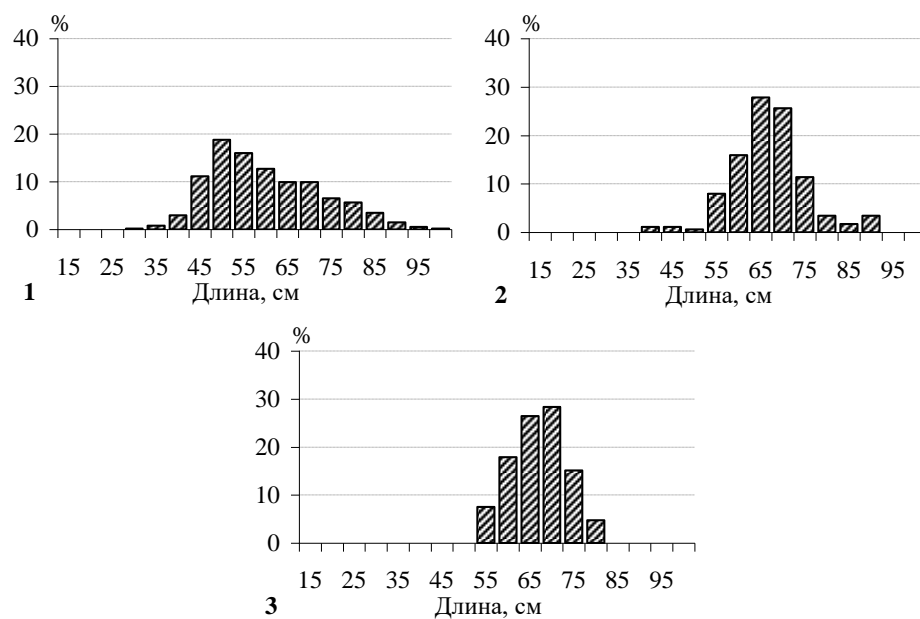


Рис. 92. Размерный состав трески в снурреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2021 г. 1 – снурреводные, январь-апрель; 2 – снурреводные, май-август; 3 – тралы, июль-август

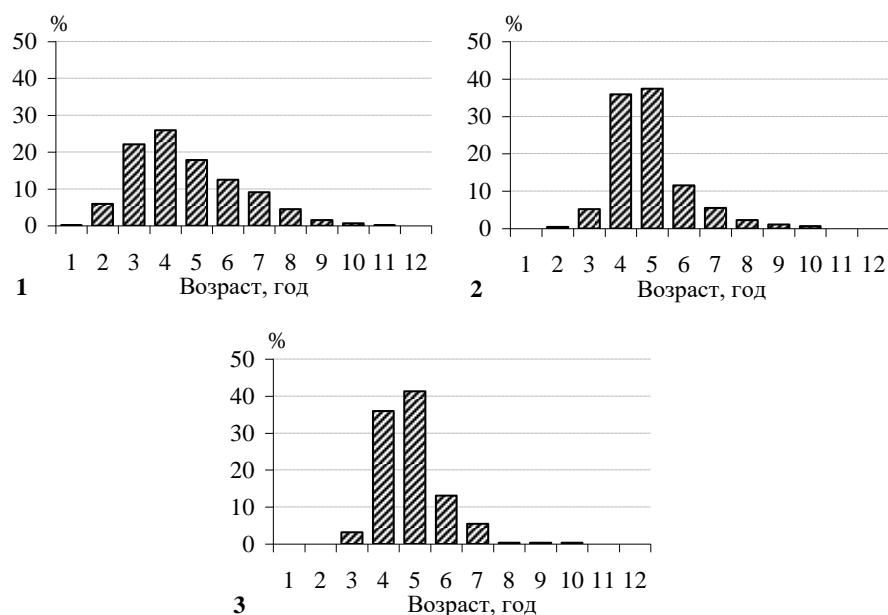


Рис. 93. Возрастной состав трески в снурреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2021 г. 1 – снурреводные, январь-апрель; 2 – снурреводные, май-август; 3 – тралы, июль-август.

В 2021 г. в весенний период в снурреводных уловах трески на шельфе Южных Курил доминировали 3-5-и годовики длиной 45-60 см (рис. 92-93), на долю которых приходилось около 60-65% от общей численности. Средняя длина рыб составила 57,5 см, средний возраст – 4,2 года.

Летом 2021 г. основу уловов, как при специализированном промысле трески снурреводами, так и в прилове при добыче минтая пелагическими тралами, составляли более крупные особи генераций 2016-2017 гг. рождения, т.е. 4-5-и годовики, на долю которых приходилось более 73% от общей

численности. Средняя длина и возраст трески в уловах этими двумя орудиями была сопоставима и составила 64,5 см и 4,4 года, соответственно.

В 2022 г. в снюрреводных и траловых (зимних) уловах доминировали особи 2015-2017 гг. рождения (5-7 годовики). Причем, в период с января по март основу траловых и снюрреводных уловов составляли 6-и 7-и годовики (рис. 94, 95), на долю которых приходилось около половины от общей численности уловов – 48,3 и 49,9%, соответственно.

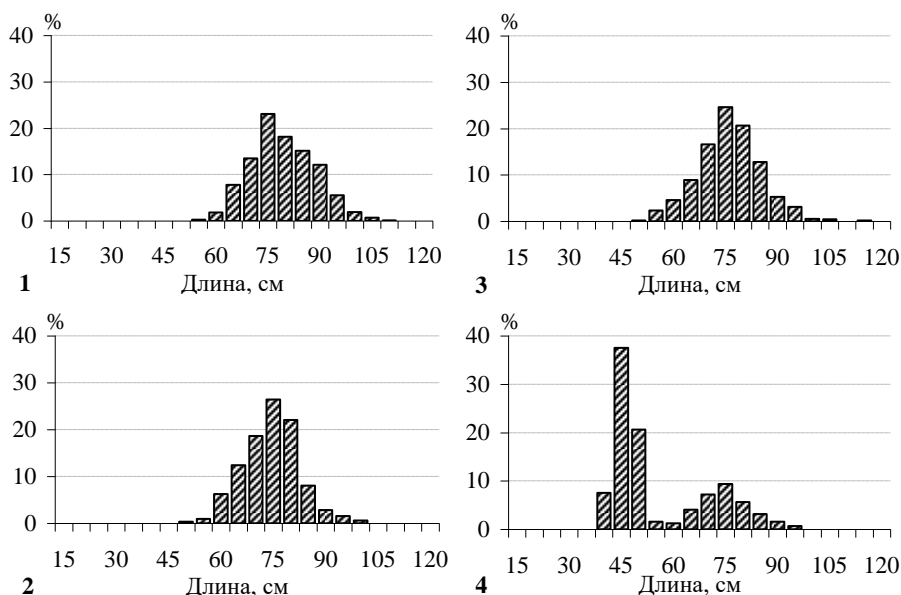


Рис. 94. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2022 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – снюрреводы, май-август; 3 – тралы, январь-апрель; 4 – тралы, июль-август

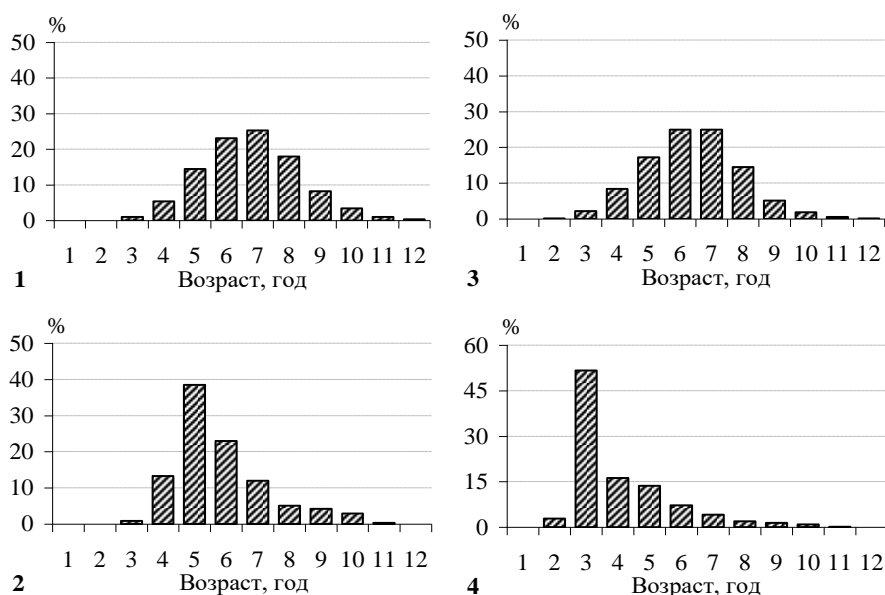


Рис. 95. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2022 г. 1 – снюрреводы, январь-апрель; 2 – снюрреводы, май-август; 3 – тралы, январь-апрель; 4 – тралы, июль-август

В летний период в снюрреводных уловах доминировали 5-и и 6-годовики, на долю которых приходилось около 61,4%, и лишь в прилове трески пелагическими травами при промысле минтая основной возрастной группой были 3-х годовики 2019 г. рождения, их вклад составлял 51,6%.

В 2023 г. основу снюрреводных уловов в период с января по апрель составляли 6-8-и годовики поколений 2015-2017 гг. рождения, длиной 75-85 см, на долю которых приходилось около 50,5% по численности (рис. 96-97). В траловых уловах в эти же месяцы доминировали 6-7-и годовики, длиной 70-80 см, чей суммарный вклад оценивался на уровне 69,7%.

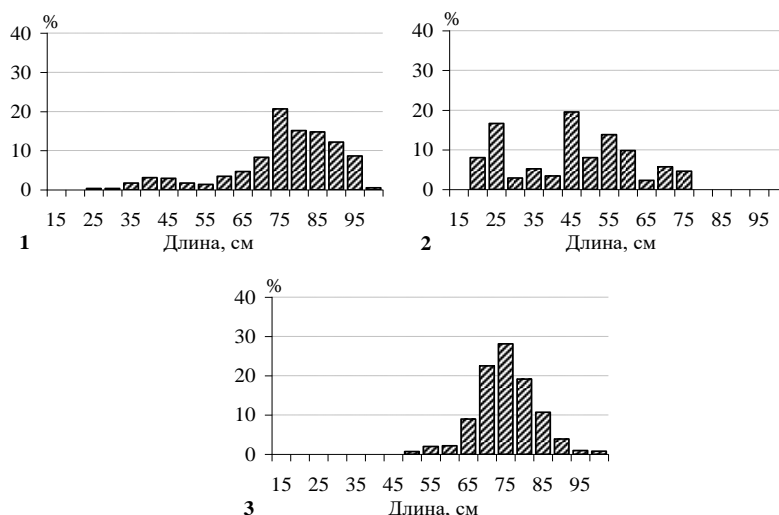


Рис. 96. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2023 г. 1 – снюрревод, январь-апрель; 2 – май-июнь; 3 – трава, январь-апрель

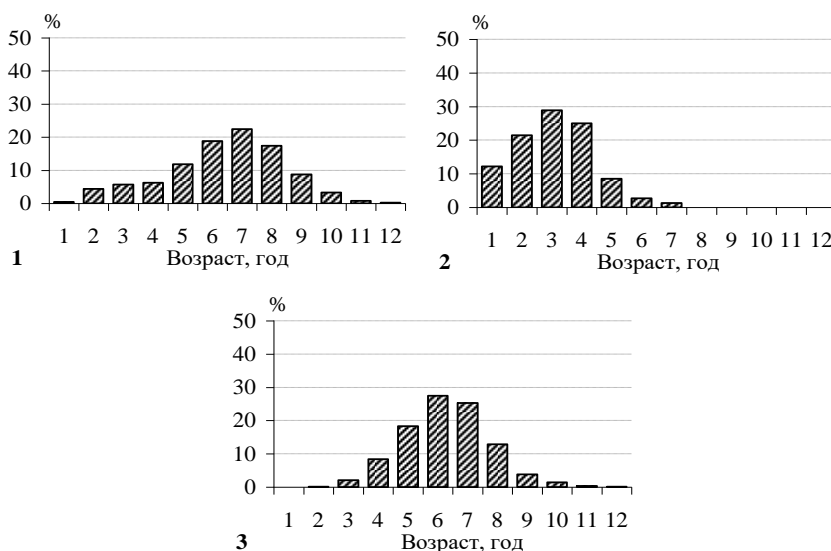


Рис. 97. Возрастной состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2023 г. 1 – снюрревод, январь-апрель; 2 – май-июнь; 3 – трава, январь-апрель

В относительно непродолжительный период наблюдений за снюрреводным составом уловов трески, в мае-июне 2023 г., отмечалось

значительной количество молоди длиной до 40 см, на долю которых приходилось около одной трети по численности.

Эти особи могут быть ассоциированы с генерациями 2020-2022 гг. рождения, и, возможно, факт их повышенного присутствия в промысловых уловах, пусть и в непродолжительный период, может свидетельствовать о повышенной урожайности этих поколений.

В 2024 г. основу снюрреводных и траловых уловов в период с января по апрель составляли 6-8-и годовалые рыбы, поколений 2016-2018 гг. рождения, длиной 75-85 см, на долю которых приходилось 56% и 69% по численности, соответственно (рис. 98-99).

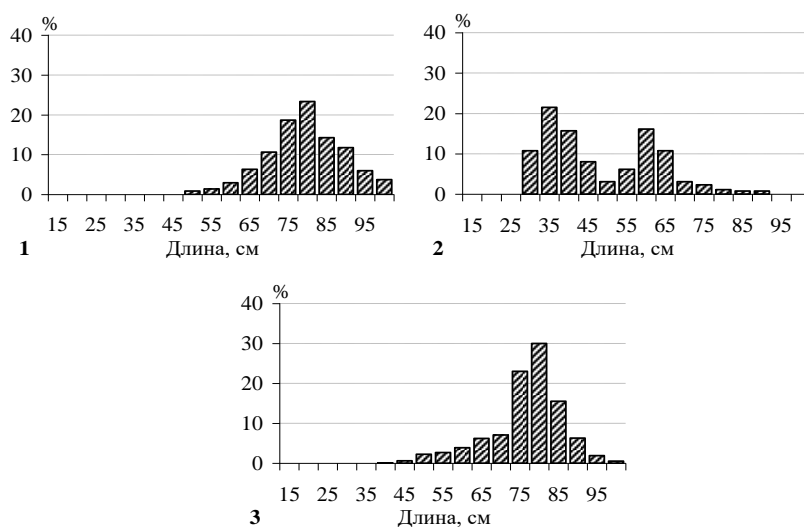


Рис. 98. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2024 г. 1 – снюрреводки, январь-апрель; 2 – июнь; 3 – тралы, январь-апрель

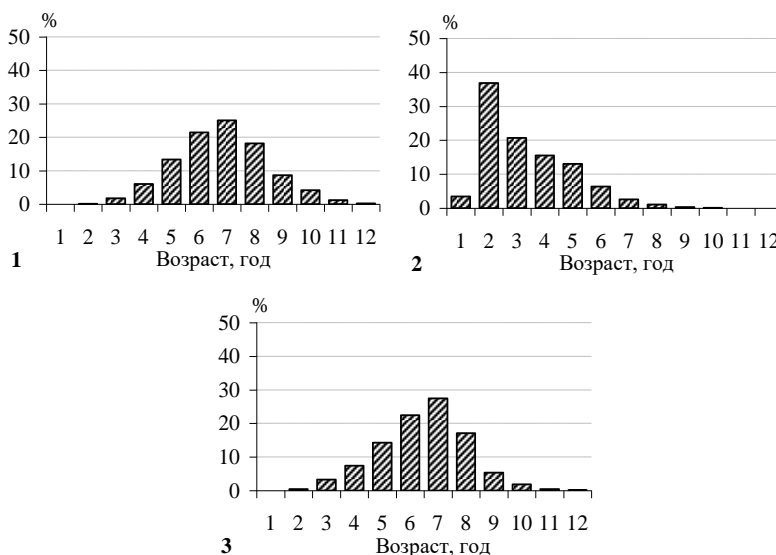


Рис. 99. Размерный состав трески в снюрреводных и траловых уловах на шельфе южных Курильских о-вов в 2024 г. 1 – снюрреводки, январь-апрель; 2 – июнь; 3 – тралы, январь-апрель

Формирование исходной матрицы уловов трески Южных Курил по возрастам, необходимой в качестве входной информации для модельных оценок ВПА, производили с учетом различий в возрастном составе уловов для четырех, перечисленных выше, сегментов промысла, на основе вклада в годовые уловы каждого из них. Снюрреводный сегмент промысла в летний период был введен в расчеты, начиная с 2018 г.

В случае отсутствия данных наблюдений по возрастному составу для какого-либо из видов промысла, их заменяли среднемноголетними значениями. В расчеты включены возрастные группы от 2 до 12 полных лет и ряд наблюдений от 1981 до 2024 г. включительно.

Кроме того, в качестве исходной информации использованы:

- Среднемноголетние значения массы (рис. 100), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанных по данным полных биологических анализов (ПБА);
- Мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

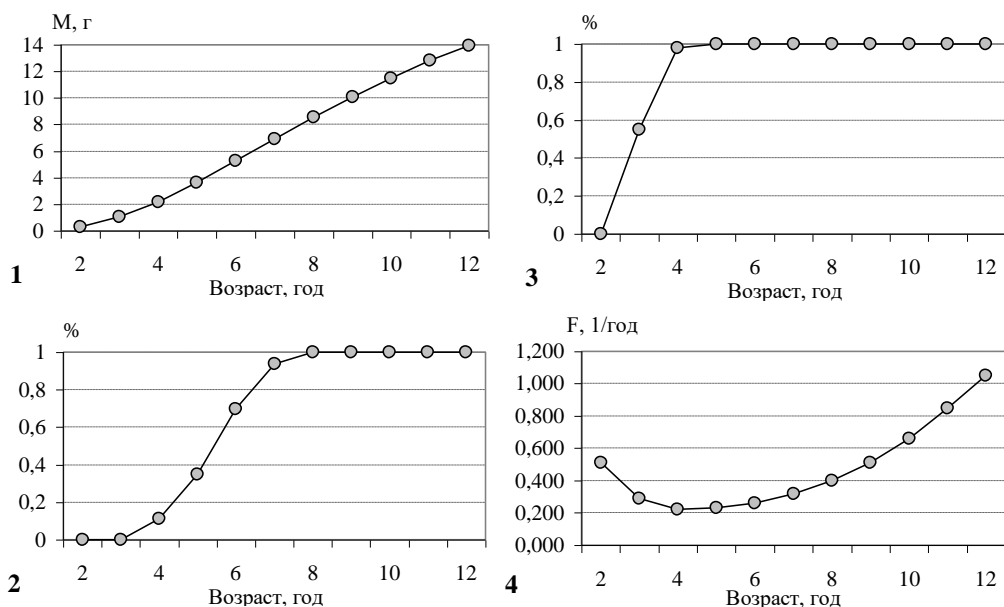


Рис. 100. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы тихоокеанской трески южных Курильских о-вов по ВПА. 1 – масса рыб по возрастным группам, 2 – доля половозрелых рыб, 3 – доля рыб, достигших промыслового размера (более 45 см по АС), 4 – мгновенные коэффициенты естественной смертности

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB) и промысловой (FSB) биомассы трески Южных Курил по данным модельных расчетов представлена на рисунках 101, 102. Как можно видеть, после периода высокого уровня запасов в первой половине 1980-х гг. биомасса популяции постепенно снижалась и к 1993–1995 гг. достигла минимума, после чего до начала 2000-х находилась на низком уровне.

Ограничение японского промысла, направленного преимущественно на облов преднерестовых скоплений, очевидно, благотворно сказалось на

запасах южнокурильской трески, и с начала 2000-х гг. наблюдается постепенный рост ее ресурсов.

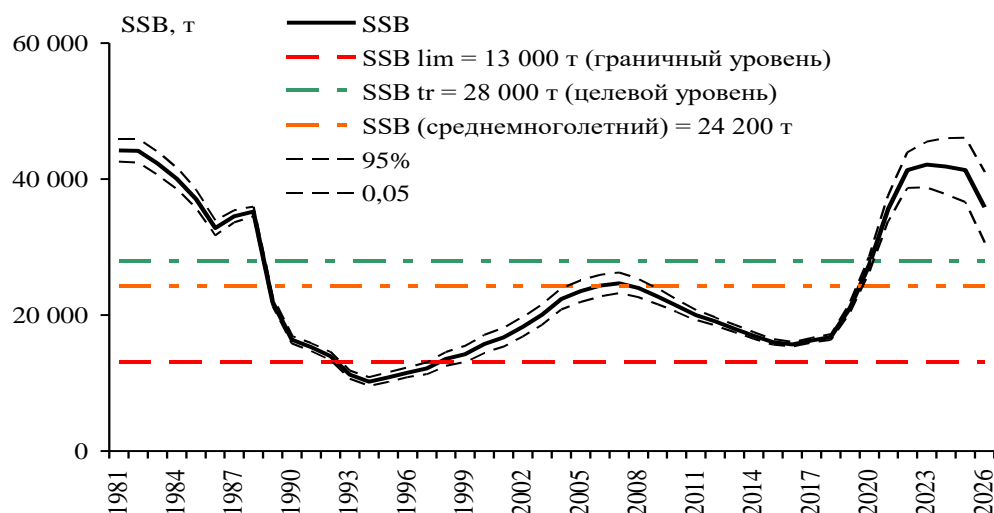


Рис. 101. Многолетняя динамика нерестовой биомассы тихоокеанской трески южных Курильских о-вов по результатам ВПА. Приведены граничный и целевой ориентиры управления. На 2025-2026 гг. указаны прогнозные значения

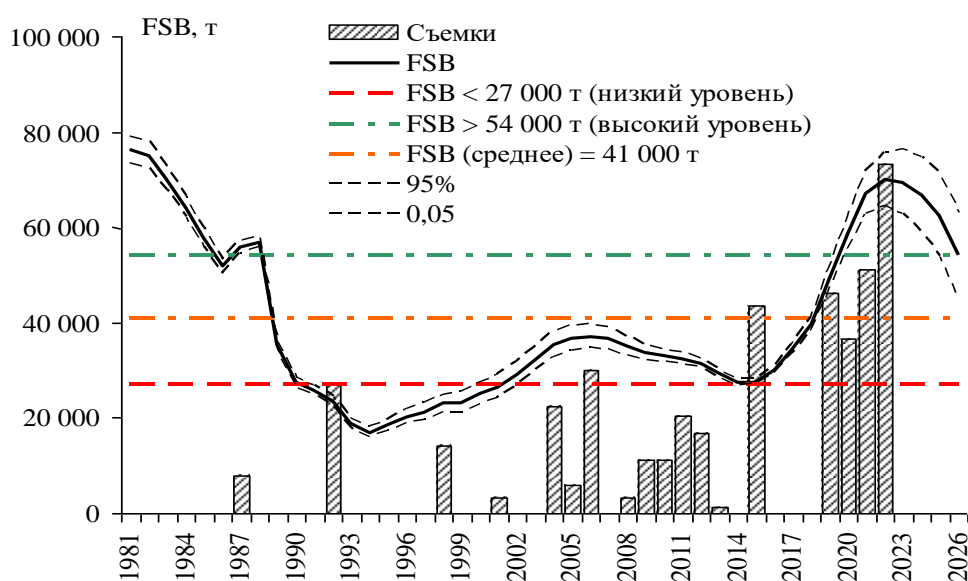


Рис. 102. Многолетняя динамика промысловой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил по результатам ВПА в сопоставлении с данными съемок. Оценки промысловой биомассы по данным траловых съемок приведены к расчетам ВПА на начало года, с учетом промысла и убыли от естественных причин. На 2025-2026 гг. указаны прогнозные значения

В 2010-2018 гг. запас трески находился выше границы между низким и средним уровнем. Данные прямых наблюдений сходным образом отражают тенденции в динамике биомассы тихоокеанской трески Южных Курил.

В связи с вступлением в промысловый запас трех высокоурожайных генераций 2015-2017 гг. рождения, величина промыслового запаса в 2019-2020 гг. впервые после 1980-х гг. достигла высокого уровня.

Периоды высокой численности тихоокеанской трески не являются продолжительными. В настоящий момент в распоряжении специалистов «ТИНРО» отсутствуют объективные данные о наличии в популяции трески Южных Курил поколений повышенной урожайности, появившихся после 2017 г. С 2023 г. наметилось снижение запаса. Но и прогнозируемый со снижением уровень запаса в ближайшие годы будет достаточно высоким и позволит осуществлять промысел без дополнительных ограничений.

Оценки нерестовой и промысловой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил на 2024 г., полученные по данным ВПА, и используемые в дальнейших расчетах, составили $41,9 \pm 4,1$ и $66,8 \pm 8,0$ тыс. т, соответственно. Эти величины используются при прогнозе состояния запаса и оценке ОДУ.

Приведем примеры ретроспективной оценки нерестовой биомассы трески Южных Курил выполненных в 2023 г. с использованием двух разных моделей: ВПА и «Синтез», при одинаковой входной информации (рис. 103).

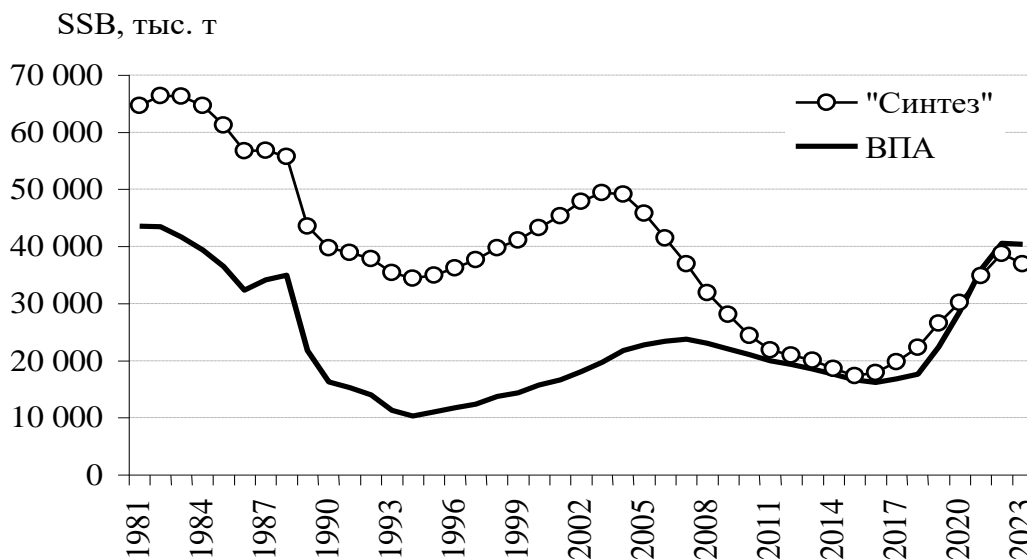


Рис. 103. Пример ретроспективной оценки нерестовой биомассы трески Южных Курил в 2023 г. с использованием моделей ВПА и «Синтез», при идентичной входной информации

При соответствующей настройке параметров селективности в рамках модели «Синтез», оба метода на двадцатилетнем периоде близком к терминальному году дают сходные оценки нерестовой биомассы, да и в целом, сопоставимым образом характеризуют черты динамики запасов в многолетнем аспекте. Однако, в качестве базового метода расчетов, в рамках настоящего обоснования, сохранен ВПА.

Прогнозирование состояния запаса

Ключевую роль при прогнозировании состояния запасов промысловых объектов с некоторой заблаговременностью играет оценка пополнения. Довольно часто для этих целей используются «запас-пополнение» в формулировке Рикера или Бивертон-Холта [Рикер, 1979]. Однако, для тихоокеанской трески, у которой урожайность смежных поколений, при

сходных величинах нерестового запаса, может отличаться несколько порядков, данный метод малоэффективен.

Поэтому для оценки возможного пополнения была построена марковская матрица вероятности [Хилборн, Уолтерс, 2001], для чего результаты расчетов ВПА в парах «нерестовый запас-пополнение R2» были разбиты на интервалы с высоким, средним и низким уровнем и подсчитаны доли по времени нахождения нерестового запаса и продуцируемого пополнения в каждом из интервалов. Всего проанализировано 35 пар «SSB-R2» (период с 1981 по 2015 гг.).

В результате была рассчитана вероятность появления поколения трески определенной урожайности при том, или ином, уровне нерестового запаса, результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15

Таблица вероятности для пополнения (R2) тихоокеанской трески Южных Курил

Биомасса нерестового запаса SSB, тыс. т	Численность пополнения (R2), млн рыб.		
	Низкий уровень $R2 \leq 4,4$	Средний уровень $4,4 < R2 \leq 8,8$	Высокий уровень $8,8 < R2$
Низкий уровень $SSB \leq 16,7$	<u>55,6% (n=5)</u> 4,2±0,2 млн рыб	<u>44,4% (n=4)</u> 5,3±0,6 млн рыб	—
Средний уровень $16,7 < SSB \leq 33,4$	<u>15,8% (n=3)</u> 4,3±0,3 млн рыб	<u>73,7% (n=14)</u> 7,0±0,6 млн рыб	<u>10,5% (n=2)</u> 10,2±2,4 млн рыб
Высокий уровень $33,4 < SSB$	—	<u>37,5% (n=3)</u> 5,9±1,1 млн рыб	<u>62,5% (n=5)</u> 11,5±0,6 млн рыб

Примечание: В таблице указаны: над чертой – вероятность появления поколения с данным уровнем численности; в скобках – число результатов пересечения «SSB – R2», для данного интервала; под чертой – средняя численность пополнения с учетом 95%-ого доверительного интервала

Если принять во внимание, что, по результатам оценок ВПА в 2024 г., в 2021-2024 гг. величина нерестового запаса трески Южных Курил оценивалась еще на высоком уровне, то, с вероятностью 63%, можно ожидать, что величина пополнения в возрасте R2, в 2025-2026 г. составит 11,5 млн экз., соответственно. Эти оценки и заложены в прогноз.

Расчет промыслового изъятия в 2025 г. по возрастным группам проводили с учетом средних коэффициентов возрастной селективности, рассчитанных по результатам ретроспективных оценок ВПА.

Окончательная оценка численности и биомассы тихоокеанской трески на 2025-2026 гг. выполнена с помощью обращенной вперед когортной процедуры, с учетом предположений, описанных выше, и коэффициентов естественной смертности.

Как можно видеть (табл. 16, рис. 100), ожидается, что к 2026 г. промысловая биомасса несколько сократится и составит 54,1 тыс. т, нерестовая – 35,7 тыс. т, соответственно. Это выше и среднесноголетнего уровня и целевого ориентира управления, и позволяет эксплуатировать запас без дополнительных ограничений.

Таблица 16

Прогноз численности и промысловой биомассы трески Южно-Курильской зоны в 2026 г.

	Возраст на начало года											Вылов, т
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Численность на 01.01.2024, ВПА, тыс. экз.	6300	4741	4824	3414	2040	1680	1013	516	276	63	11	8438
Мгновенный коэффициент естественной смертности М, 1/год	0,510	0,290	0,220	0,230	0,260	0,320	0,400	0,510	0,660	0,850	1,050	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности F, 1/год	0,0313	0,084	0,154	0,230	0,177	0,141	0,117	0,185	0,246	0,130	0,130	
Годовой коэффициент выживания с учетом промысла	0,582	0,688	0,688	0,631	0,646	0,630	0,597	0,499	0,404	0,375	0,307	
2025												
Численность на 01.01.2025, ВПА, тыс. экз.	11500	3667	3262	3319	2154	1318	1059	604	258	111	24	11950
Мгновенный коэффициент естественной смертности М, 1/год	0,510	0,290	0,220	0,230	0,260	0,320	0,400	0,510	0,660	0,850	1,050	
Мгновенный коэффициент промысловой смертности F, 1/год	0,0474	0,127	0,233	0,349	0,268	0,214	0,177	0,280	0,373	0,196	0,196	
Годовой коэффициент выживания с учетом промысла	0,573	0,659	0,636	0,561	0,590	0,586	0,562	0,454	0,356	0,351	0,288	
2026												Суммарно:
Численность на 01.01.2026, ВПА, тыс. экз.	11500	6586	2416	2073	1860	1271	773	595	274	92	39	27479
Средняя масса, кг	0,303	1,041	2,192	3,637	5,245	6,906	8,537	10,083	11,509	12,800	13,951	
Доля промысловых рыб, %	0,131	0,716	0,971	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Промысловая биомасса, т	456	4907	5142	7540	9758	8777	6596	6001	3157	1175	546	54055
Доля половозрелых рыб, %	0,000	0,001	0,113	0,350	0,696	0,938	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
Нерестовая биомасса, т	0	7	601	2638	6790	8229	6596	6001	3157	1175	546	35740

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Оценка ОДУ тихоокеанской трески Южных Курил была выполнена в рамках «предосторожного подхода» к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], который предполагает дифференцированный выбор уровня эксплуатации в зависимости от текущего состояния популяции.

Основным этапом реализации данного подхода является выбор целевых и граничных ориентиров управления промыслом, относительно которых впоследствии выносятся суждения о текущем состоянии запаса и делаются рекомендации об оптимальном уровне эксплуатации. Ниже обосновывается выбор основных ориентиров управления промыслом тихоокеанской трески Южных Курил.

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе SSB_{lim} считаем целесообразным принять ее минимальное значение на всем историческом периоде наблюдений, с учетом верхней границы 95%-доверительного интервала эта величина составляет 13,0 тыс. т. При снижении биомассы производителей ниже этого уровня, рекомендуется ограничить промысел до минимума. Поскольку, даже в такие периоды, необходимо резервировать некоторую часть ресурсов для сбора научной и промысловой биостатистики, оценим допустимый уровень изъятия в этом случае в 10% от целевого ориентира по промысловой смертности.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности F_{lim} , определяющего рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, взят параметр $F_{msy}=0,57$, определенный по кривой улова на рекрута (рис. 104), или в терминах коэффициента эксплуатации $U=43\%$. Данный подход допустим [Бабаян, 2000].

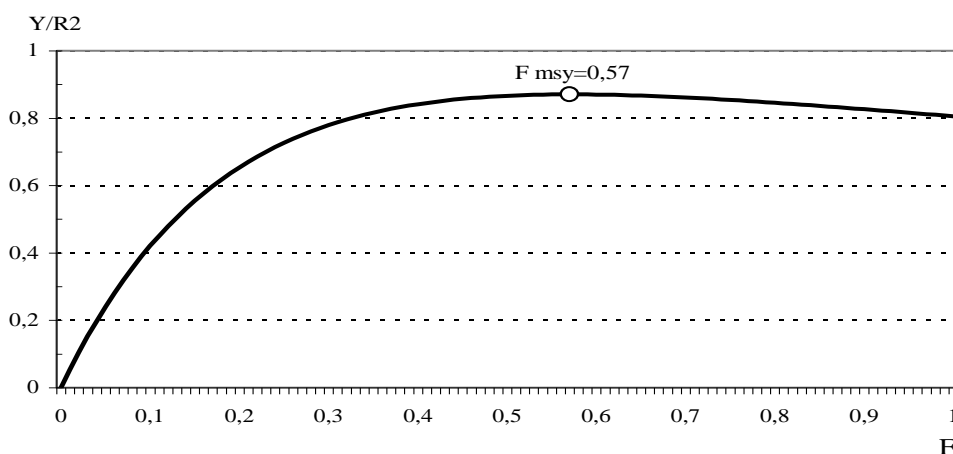


Рис. 104. Зависимость улова на рекрута $Y/R2$ для трески Южно-Курильской зоны от промысловой смертности F , кг/экз.

Целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} оценили на уровне параметра F_{med} – мгновенного коэффициента промысловой смертности, при

котором относительный прирост биомассы нерестового запаса за счет пополнения в половине наблюдаемых случаев компенсирует его убыль от естественных причин и промысла. Не останавливаясь подробно на методике определения, напомним, что этот параметр оценивается по углу наклона прямой линии разделяющих облако точек «запас–пополнение» пополам и равновесным зависимостям SSB/R (рис. 105) от промысловой смертности F [Бабаян, 2000].

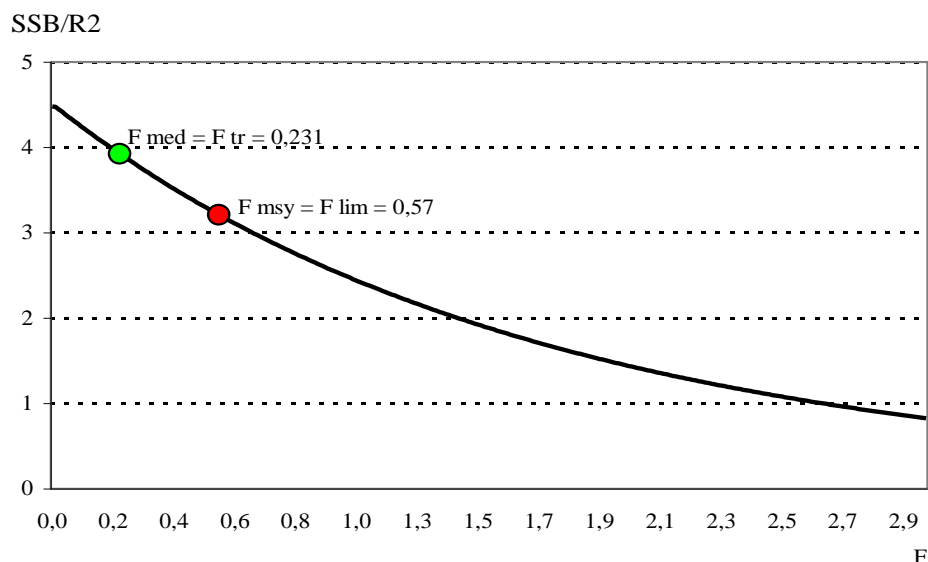


Рис. 105. Зависимость нерестовой биомассы на рекрута SSB/R_2 для трески Южно-Курильской зоны от промысловой смертности F , кг/экз.

Согласно нашим расчетам величина F_{med} для тихоокеанской трески Южных Курил составляет 0,231 1/год. Или, в терминах коэффициента эксплуатации, $U_{tr}=20,6 \approx 21\%$. Тогда величина, резервируемая для НИР при снижении нерестовой биомассы ниже граничного ориентира составляет $U_0=0,1*21\% \approx 2\%$.

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr} , при превышении которого возможно максимальное изъятие, определим, как произведение значения $SSB/R=3,925$, соответствующего целевому ориентиру по промысловой смертности F_{med} , на среднюю величину пополнения в возрасте 2 года (R_2) = 7,1 млн экз.

Иными словами, предлагается устанавливать максимальный уровень изъятия только при такой численности производителей, которая обеспечивает 50%-ую вероятность возобновления потерь запаса за счет рекрутов. Таким образом, $SSB_{tr} = 3,925*7,1 \approx 28,0$ тыс. т.

Уровень изъятия тихоокеанской трески на шельфе Южных Курил в области между граничным и целевым ориентиром по нерестовой биомассе задается линией $y=k*x+b$ в явном виде. Итоговая схема регулирования промысла, в терминах коэффициента эксплуатации представлена на рисунке 106.

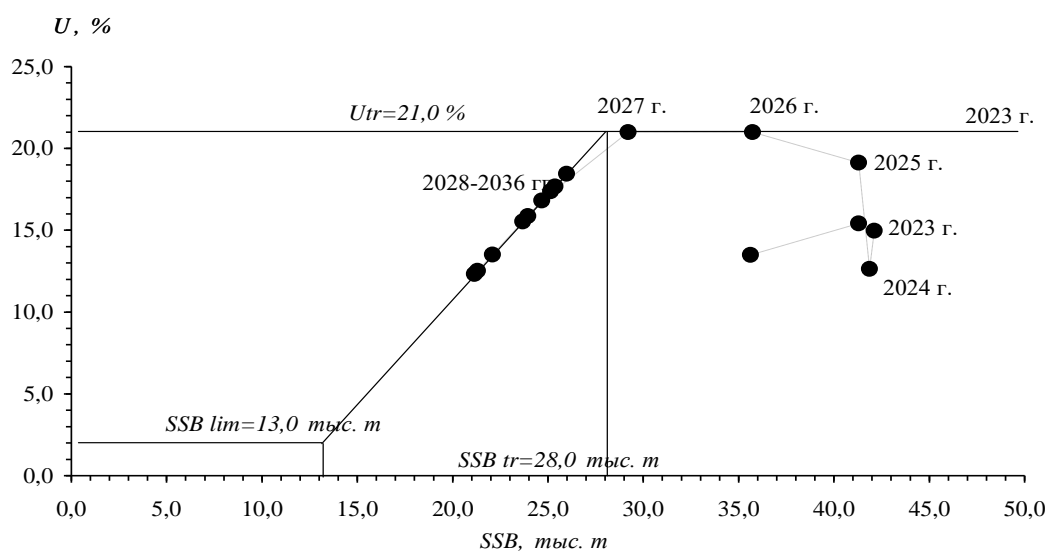


Рис. 107. Результаты тестирования выбранного ПРП тихоокеанской трески Южных Курил на 2025–2036 гг.

Вылов определяли исходя из сформулированного ПРП. Результаты тестирования представлены на рисунке 107. Как можно видеть, даже при отсутствии в запасе трески Южных Курил в ближайшее десятилетие генераций повышенной численности, текущий уровень запаса позволит до 2025 г. эксплуатировать его с максимальной интенсивностью. После 2025 г. использование предлагаемого ПРП должно удерживать запас в зоне восстановления, и не дать ему опуститься ниже SSB_{lim} .

Также, в рамках оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, связанных с его эксплуатацией, проведен анализ рисков снижения нерестовой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил ниже граничного ориентира (рис. 106, 107) и превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} , что иногда ассоциируется с переломом по росту [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовали программное обеспечение «ТАС», разработанное в «КамчатНИРО», которое на основе расчетов когортными методами, при сепарабельном представлении промысловой смертности, позволяет получить оценки вероятности «выхода» параметров смертности и нерестовой биомассы за пределы граничных ориентиров управления промыслом. Для нахождения статистических характеристик оцениваемых параметров в ПО используется метод Монте-Карло.

Согласно полученным результатам (рис. 108) вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} (1) и снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира SSB_{lim} (2) на прогнозный 2025 г. не превышает рекомендованного уровня $\alpha=0,1$ [Бабаян, 2000].

Также были оценены риски снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира на ближайшее десятилетие, при различных уровнях годовой промысловой смертности (рис. 109).

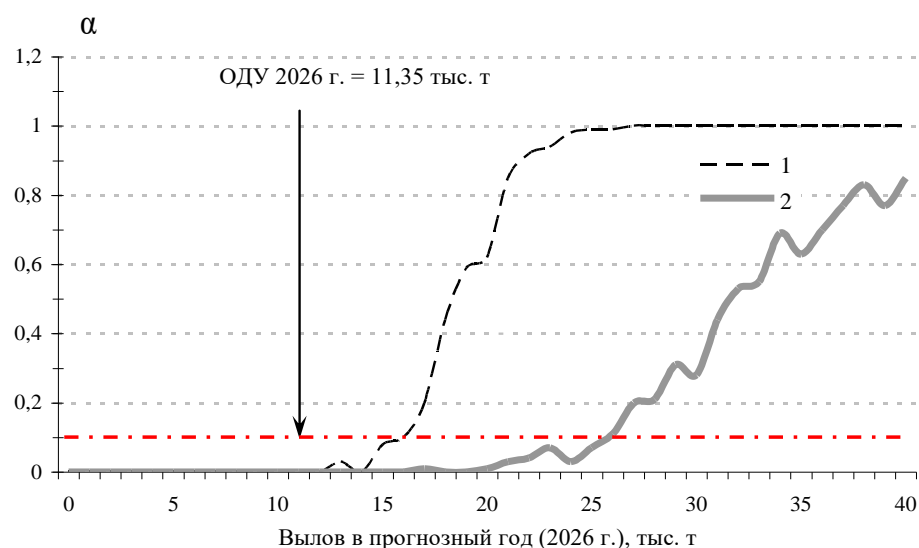


Рис. 108. Вероятность (α) превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} (1) и снижения нерестовой биомассы тихоокеанской трески Южных Курил ниже граничного ориентира SSB_{lim} (2) на прогнозный 2026 г., при соблюдении следующего условия: вылов в 2025 г. равен ОДУ – 11,95 тыс. т

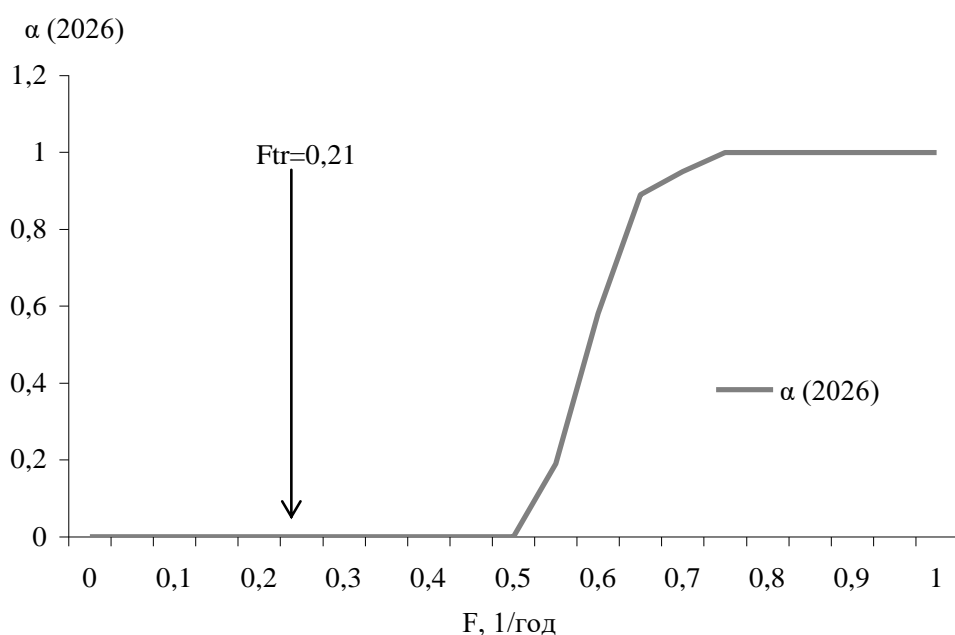


Рис. 109. Вероятность снижения нерестовой биомассы тихоокеанской трески южных Курильских о-вов ниже граничного ориентира $SSB_{lim} = 13,0$ тыс. т на ближайшее десятилетие при различных уровнях годовой промысловой смертности F

В среднесрочной перспективе риск снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира также минимален, и, при изъятии на рекомендованном уровне, не превышает допустимого уровня ($\alpha=0,1$).

На рисунке 110 представлены результаты имитационного моделирования динамики нерестового запаса трески Южных Курил. При расчетах оценка пополнения выполнялась на основе данных представленных в таблице 15, а вылова – исходя из предложенного ПРП.

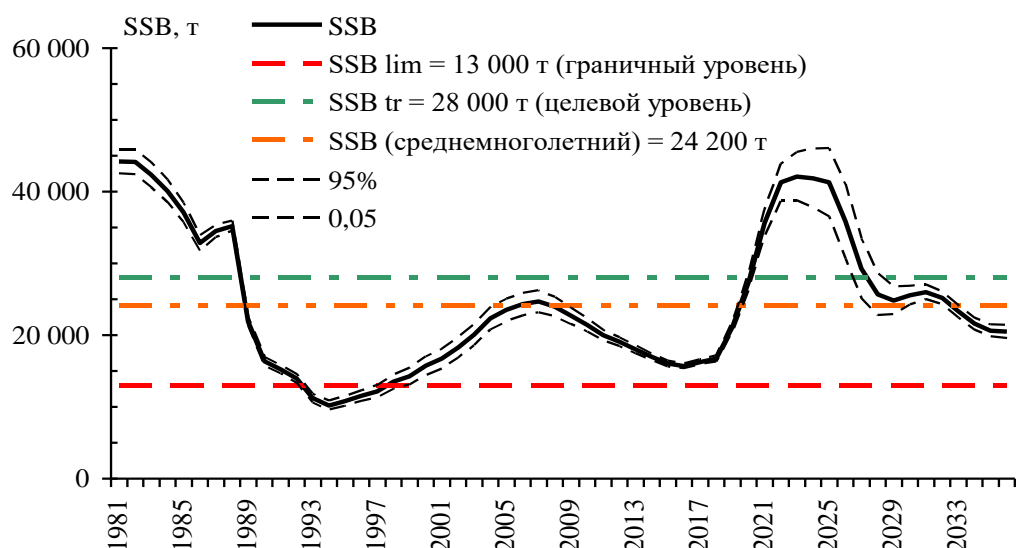


Рис. 110. Результаты имитационного моделирования динамики нерестового запаса тихоокеанской трески Южно-Курильской зоны на 2024-2035 гг.

Соблюдение основных принципов принятой стратегии управления промыслом, даже с учетом тенденций к снижению численности, в ближайшее десятилетие должно удерживать запас в области между целевым и граничным ориентиром по нерестовой биомассе.

Следует заключить, что в 2025-2026 гг. ожидается развитие нисходящего тренда в динамике запасов тихоокеанской трески Южных Курил. При этом запас не был переловлен, в настоящий момент не перелавливается, и риски перелова при соблюдении разработанного режима регулирования промысла в ближайшее время минимальны.

Таким образом, рекомендуется установить **ОДУ трески в Южно-Курильской зоне в 2026 г. на уровне 11,400 тыс. т.**

61.05 - Зона Охотское море

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона

Исполнители: А.А. Матвеев, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки состояния запасов трески у Западной Камчатки в 2024 г., прогноза состояния запаса и обоснования ОДУ на 2026 г. положены следующие материалы:

— сведения, собранные в январе–марте на тралово-снюрреводном промысле на судах ПЗ «Виктор Гаврилов» и БМРТ «Министр Ишков»

(массовые промеры (МП) — 1015 экз.; полные и специальные анализы (ПБА/СА) — 489 экз.)

— сведения, собранные в ноябре–декабре на рыбоперерабатывающем заводе ООО «Камчаттралфлот» (снюрреводный промысел, МП — 238 экз.);

— результаты донной траловой съемки, выполненной на западнокамчатском шельфе на НИС «Профессор Кагановский» в июле–августе 2024 г. (рис. 111) (количество тралений — 214, МП трески — 2025 экз.);

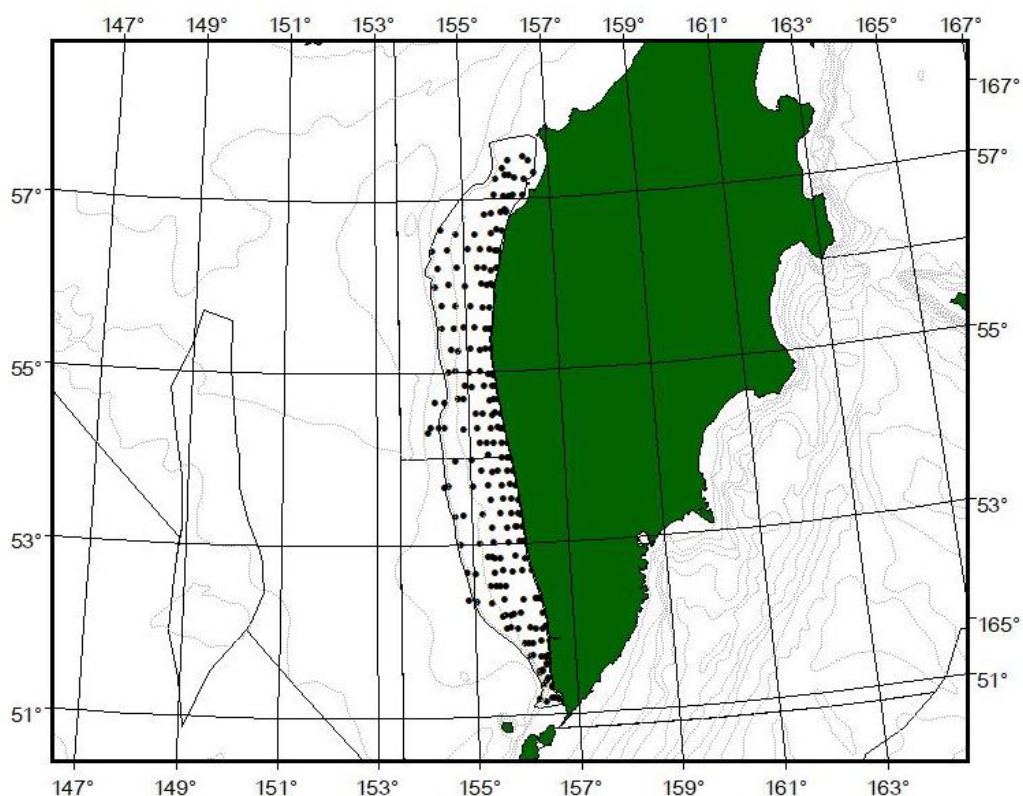


Рис. 111. Схема станций донной траловой съемки, выполненной у Западной Камчатки в июле–августе 2024 г. (обозначены границы стандартного полигона)

— многолетние промыслово-биостатистические данные, результаты донных траловых съемок с 1971 г.;

— данные об общем вылове трески по оперативной отчетности предприятий (ООП), структуре промысла — судовым суточным донесениям (ССД) и из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Сведения об общем вылове трески в 2012–2023 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для западнокамчатской трески в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1971 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса по данным донных траловых съемок с 1971 г., возрастной состав трески на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, начиная с 2014 г.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всесторонней аналитической оценки состояния запаса и обоснования ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

С 2023 г. для оценки состояния запасов трески у Западной Камчатки применяется когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022]. Она учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Вид моделируемой функции селективности — экспоненциально-логистический:

$$s_{t,a} = \frac{\exp(r_{1t}r_{2t}(r_{3t} - a))}{1 - r_{2t}[1 - \exp(r_{1t}(r_{3t} - a))]},$$

где a — возраст рыб, а для параметров r_{kt} , $k=1,2,3$ используется модель гауссовского случайного блуждания:

$$\ln r_{kt} = \ln r_{k,t-1} + \varepsilon_{rk,t-1},$$

где $\varepsilon_{rk,t}$ — нормально распределенные некоррелированные во времени белые шумы.

Вектор состояния запаса имеет вид:

$$X_t = [\ln N_{t,2}, \dots, \ln N_{t,12}, \ln F_t, \ln r_{1t}, \ln r_{2t}, \ln r_{3t}]^T$$

где $N_{t,a}$ — численность, F_t — промысловая смертность, а вектор наблюдения $y_t = [\ln C_{t,2}, \dots, \ln C_{t,12}, \ln I_t^1, \ln I_t^2]^T$.

Здесь $C_{t,a}$ — уловы по возрастам, I_t^1 — индекс промыслового запаса (стандартизованный улов на усилие), I_t^2 — индекс общей биомассы запаса.

При моделировании запаса западнокамчатской трески предполагается, что:

- мгновенные коэффициенты естественной смертности оцениваются в модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

- шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$, $\sigma_R = 1.0$;

- шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

- шумы процесса для параметров экспоненциально-логистической функции селективности:

- $\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2)$, $\varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2)$, $\varepsilon_{r3,t} \sim N(0, \sigma_{r3}^2)$;

- шум процесса численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

- шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \Sigma_C)$.

Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам Σ_C предполагается кусочно-квадратичной, корреляционная структура матрицы Σ_C — типа авторегрессии второго порядка AR(2). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели:

- шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

- шум наблюдений для индекса общей биомассы $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;

- коэффициент улавливаемости для индекса общей биомассы запаса $q_2 = 1, 0$.

Для коэффициента естественной смертности трески у Западной Камчатки выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.25^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались не информативными.

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Исходные данные для модели следующие:

- матрица вылова (млн экз.) трески западнокамчатского шельфа по возрастам (2–12 лет) и годам (1971–2024 гг.); возрастной состав рассчитывали по среднемноголетнему размерно-возрастному ключу, составленному на основе определений возраста рыб по отолитам в 2001–2024 гг. отдельно для первой и второй половин года;

- среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 112);

- среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам (рис. 112); фактические данные сглаживали посредством логистической функции [Ashton, 1972].

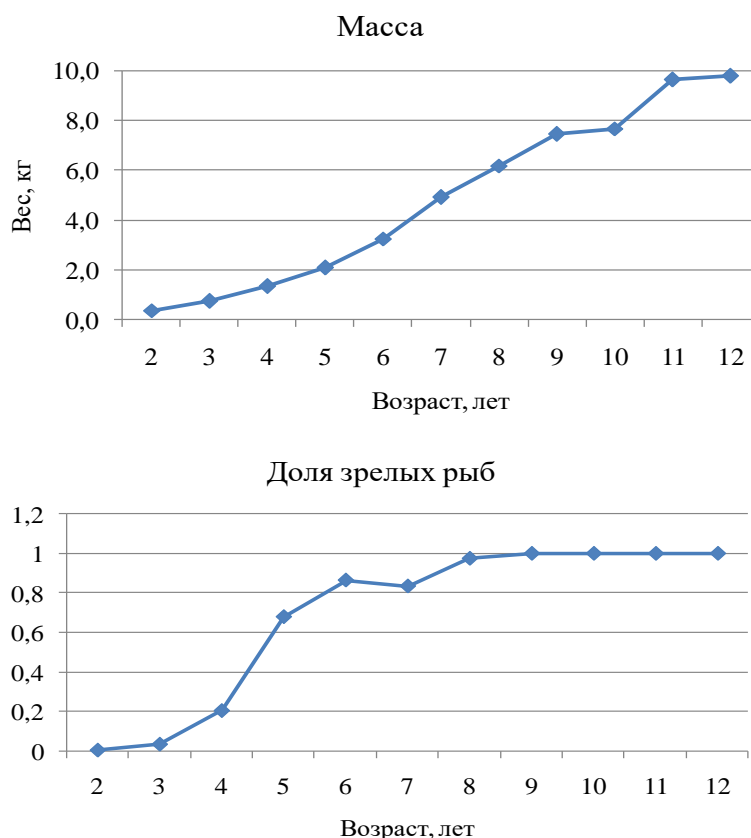


Рис. 112. Исходные данные для модельных расчетов

В качестве настроечных индексов для модели использовали:

— уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) в 2003–2024 гг., стандартизованные по модели GLM относительно судов типа СЯМ, ведущих промысел донным ярусом в Камчатско-Курильской подзоне в январе на глубинах 200–250 м (рис. 113). В качестве предикторов выбраны глубина, факторы подзоны, года, месяца, типа промыслового судна и типа орудия лова. Стандартизация по модели GLM осуществлялась средствами статистического пакета R;

— оценки общего запаса трески по результатам донных траловых съемок, выполненных специалистами «ТИНРО» и «КамчатНИРО» в 1971–2020, 2022 и 2024 гг.; результаты съемки 2021 г. в отношении трески признаны недостоверными;

— возрастной состав трески в 2014–2024 гг. на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, выполненных у Западной Камчатки. Размеры полигона определяли таким образом, чтобы в него вошло максимальное количество станций. Плотность рыб и величину запасов на полигоне оценивали методом зональных средних [Аксютина, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen). Для построения карт распределения и полигонов Тиссена использовали программу ArcView Gis 3.3. При оценке запаса коэффициент уловистости принимали за 1.

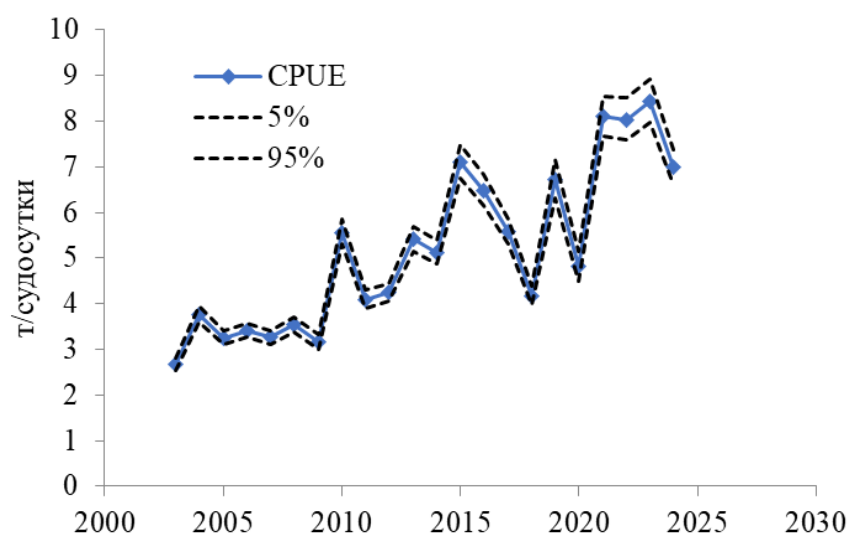


Рис. 113. Межгодовая динамика стандартизованных уловов на усилие трески западнокамчатского шельфа

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Исторически группировка трески у западного побережья Камчатки эксплуатируется как единый запас. Эта точка зрения осталась неизменной и в настоящем прогнозе. В этой связи традиционно оценка запасов и определение вылова выполняется для всей группировки, а затем расчетное значение ОДУ распределяется между указанными подзонами, исходя из прогнозируемого распределения запаса, особенностей промысла и распределения рыб в течение жизненного цикла.

Состояние запаса. Одним из базовых инструментов оценки состояния запаса западнокамчатской трески являются летние донные траловые съёмки. К сожалению, в 2023 г. учётных работ не проводилось, а в 2021 г. из-за малого количества станций, особенно в Западно-Камчатской подзоне, запас, очевидно, был существенно недоучтен. Результаты этой съёмки в отношении трески были признаны нерепрезентативными и в модельных расчетах не использованы.

По результатам донной траловой съёмки, выполненной в 2024 г. на западнокамчатском шельфе, наибольшие скопления трески традиционно образовывала в диапазоне глубин 10–100 м, где концентрировалось до 70–80% всей оцененной численности и биомассы данного вида (рис. 114). В межгодовом аспекте средняя плотность трески в 2024 г. по биомассе была примерно сопоставима с показателями 2020 г. Общая биомасса вида в районе исследований составила 128,7 тыс. т, что выше среднемноголетнего (для периода 2015–2024 гг.) значения, равного 96,0 тыс. т (рис. 115).

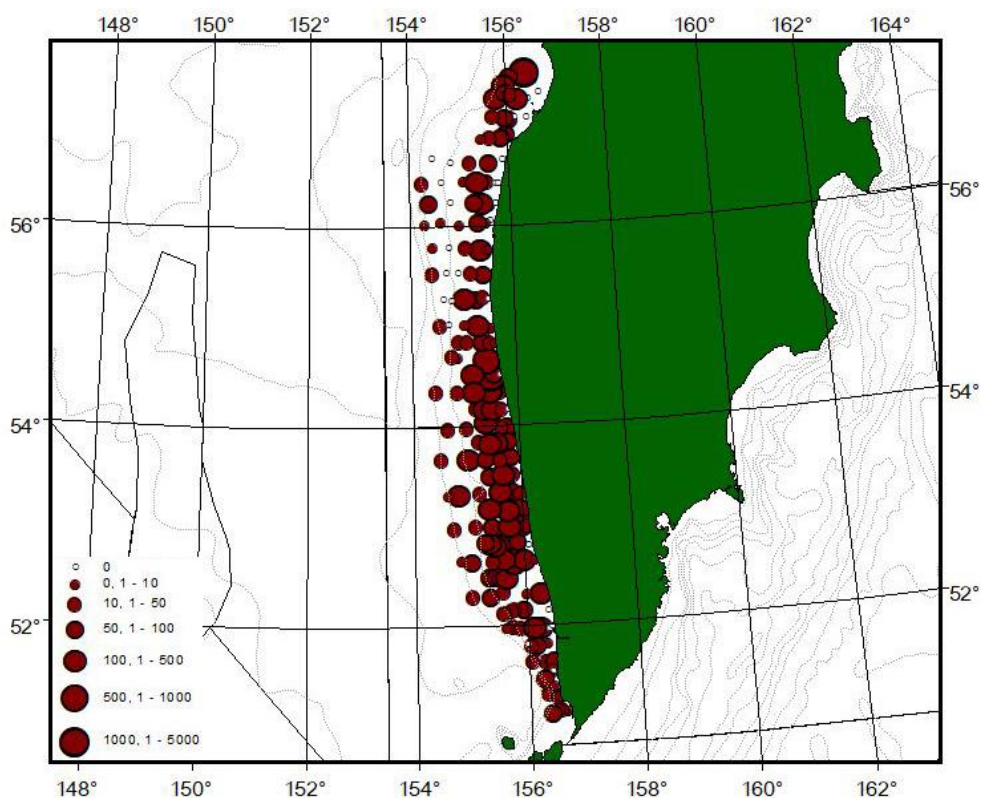


Рис. 114. Пространственное распределение тихоокеанской трески по данным донной траловой съемки у западного побережья Камчатки в 2024 г.

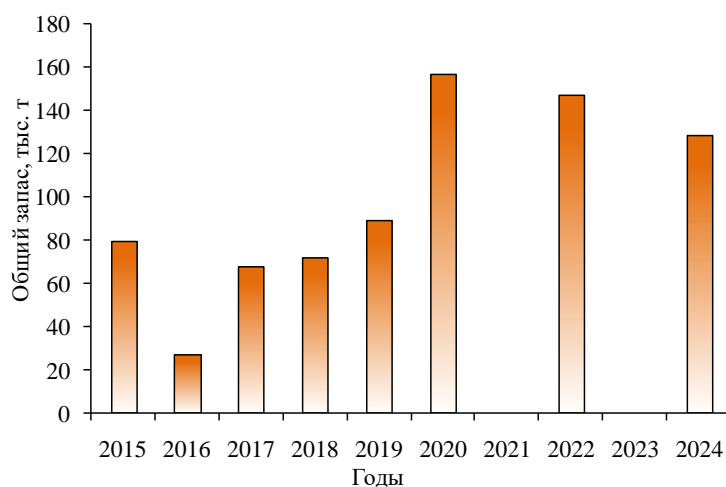


Рис. 115. Межгодовая динамика общего запаса западнокамчатской трески по результатам донных траловых съемок

Размерно-возрастной состав трески на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок представлен на рисунках 116 и 117.

По результатам учётных работ, выполненных в 2019 г., выделялись две доминирующие группы: 15–20 см (21%) и 30–45 см (44,2%) преимущественно в возрасте 1+ (20,5%) и 3+ (27,5%).

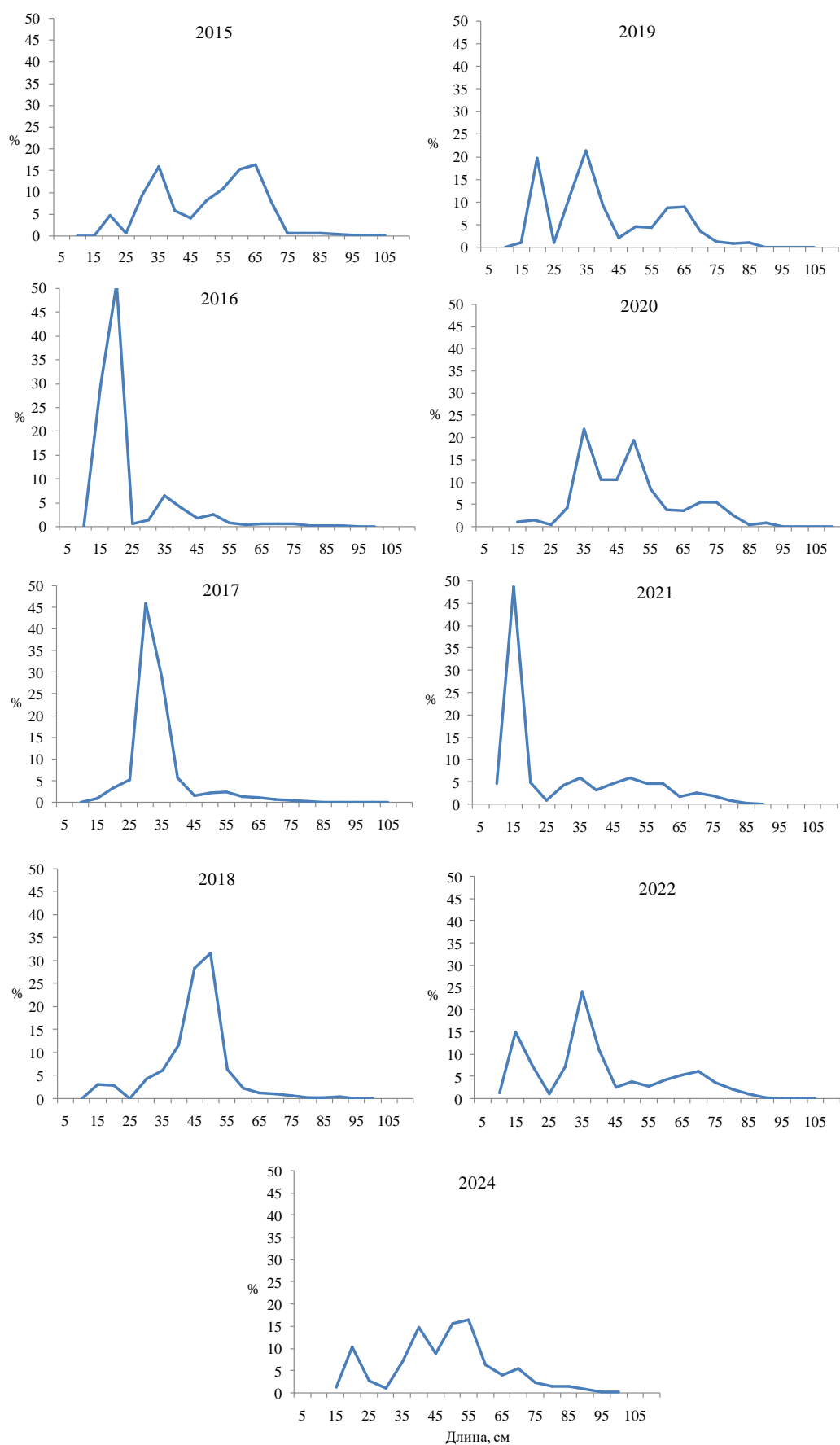


Рис. 116. Межгодовая динамика размерного состава трески у Западной Камчатки на стандартном полигоне, по результатам учетных донных траловых съемок

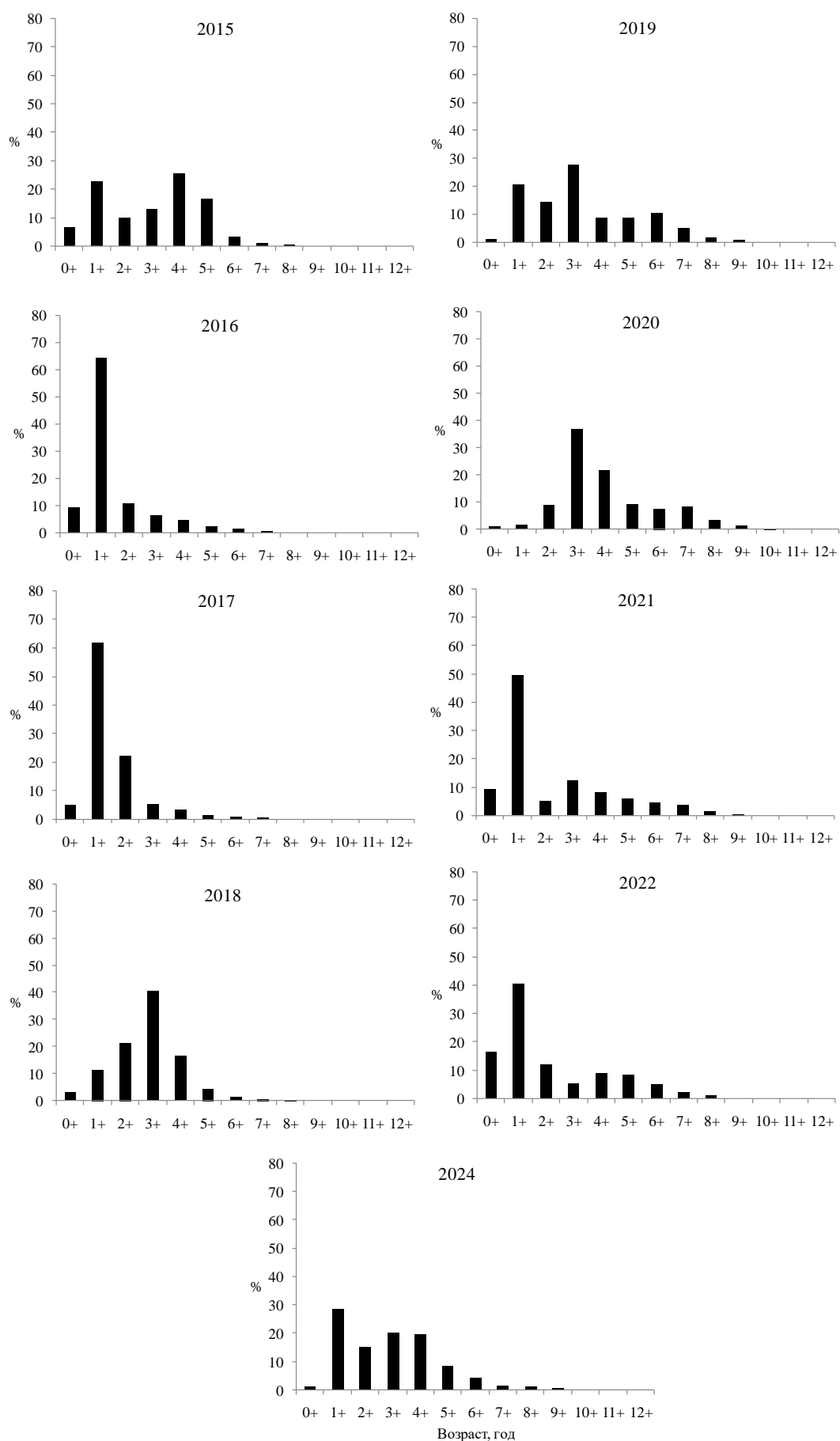


Рис. 117. Межгодовая динамика возрастного состава трески у Западной Камчатки на стандартном полигоне, по результатам учетных донных траловых съемок

В 2020 г. в научных тралениях выделялись две доминирующие группы: 35–40 см (32,3%) и 45–50 см (30%). В возрастном составе превалировала треска 3+ (36,7%) и 4+ (21,5%). Схожая картина наблюдалась в 2015 и 2018 гг., когда возрастная группа 3+–4+ составляла более 50%.

По результатам донной траловой съемки, выполненной в июне–июле 2021 г., длина трески варьировала от 11 до 94 см (средняя длина — 32,1 см), а доминировали рыбы размерных групп 10–20 см (58,3%). В возрастном составе превалировала треска 1+ (49,6%). Схожая картина по результатам траловых съёмок наблюдалась в 2016 и 2017 гг., тогда возрастная группа 1+ составляла более 60%. Наличие в терминальном году повышенной доли 2-леток, вероятно, указывает на высокую урожайность поколения 2020 г.

В 2022 г. длина рыб в уловах изменялась от 12 до 101 см (среднее значение — 45,1 см), доминировали 2 размерные группы: 20–25 см (22,4%) и 35–45 см (42,4%). В возрастном составе превалировала треска 0+ (21,4%) и 1+ (23,6%).

По результатам учётных работ, выполненных в 2024 г., выделялись две доминирующие группы: 15–25 см (14,2%) и 40–55 см (55,6%) преимущественно в возрасте 1+ (28,5%) и 3–4+ (39,5%).

Подводя итог результатам анализа учетных донных траловых съёмок, отметим, что в настоящее время ресурсы трески на западнокамчатском шельфе (без учета группировки, обитающей в зал. Шелихова), очевидно, находятся на уровне выше среднегололетнего.

В результате модельных расчетов, оценка общего запаса трески Западной Камчатки в возрасте 2–12 лет на начало 2024 г. составила 159,3 тыс. т, нерестового — 86,7 тыс. т, а промыслового — 67,0 тыс. т. (рис. 118).

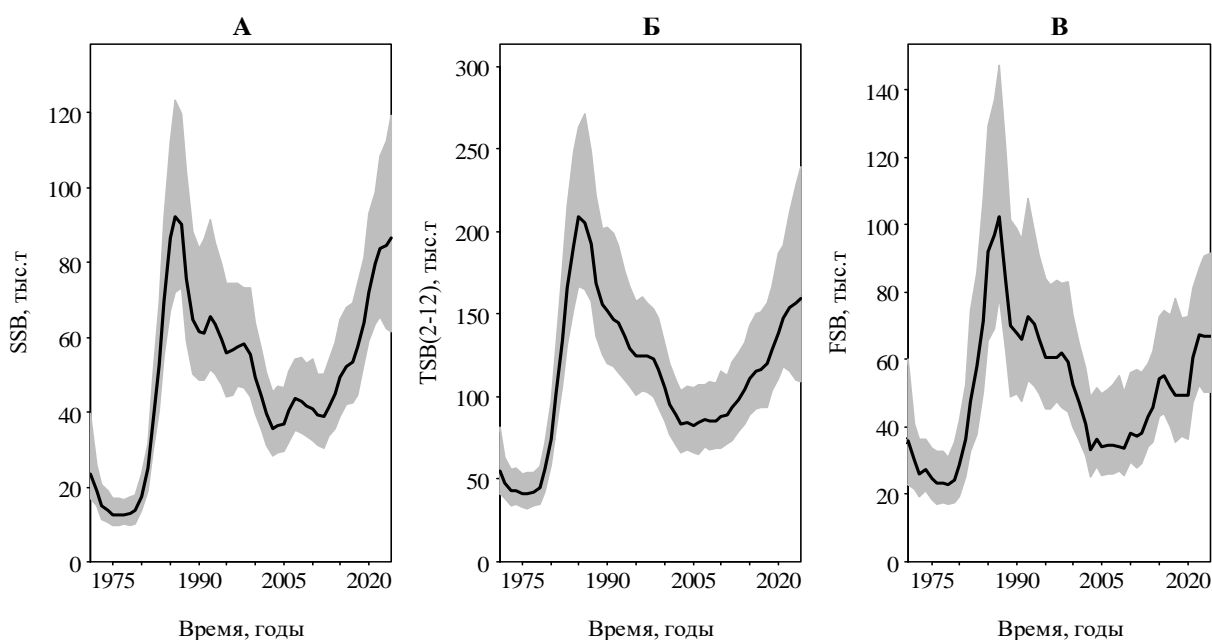


Рис. 118. Межгодовая динамика биомассы нерестового (А), общего (Б) и промыслового (В) запаса трески у Западной Камчатки. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности западнокамчатской трески составила $0,389 \text{ год}^{-1}$ при коэффициенте вариации 0,092.

Коротко характеризуя динамику запасов западнокамчатской трески по результатам модельных оценок, отметим, что в 1970-х гг. состояние общего и промыслового запасов оценивалось на низком уровне — в среднем около 45–50 тыс. т и 25 тыс. т, соответственно. Пик общей численности пришелся на 1985 г., при этом осредненные за 1986–1990 гг. значения промысловой биомассы, по данным траловых съемок, составляли около 214 тыс. т. После этого наметилась тенденция к постепенному снижению запасов. Рост численности пополнения (рис. 119) после 2011 г. привел к росту общей биомассы запаса. Кроме того, снижение, по модельным оценкам, после 2018 г. пресса промысла на младшие возрастные группы (рис. 119–120) привело к росту биомассы нерестового и промыслового запаса в последние годы. По модельным оценкам, численность поколений 2017, 2020 и 2021 гг. оценивается выше среднемноголетнего уровня. По этой причине в ближайшей перспективе не следует ожидать значительного снижения запасов.

Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности селективно изымаемых рыб и проценти́ли бутстреп-распределения их оценок представлены на рисунке 119.

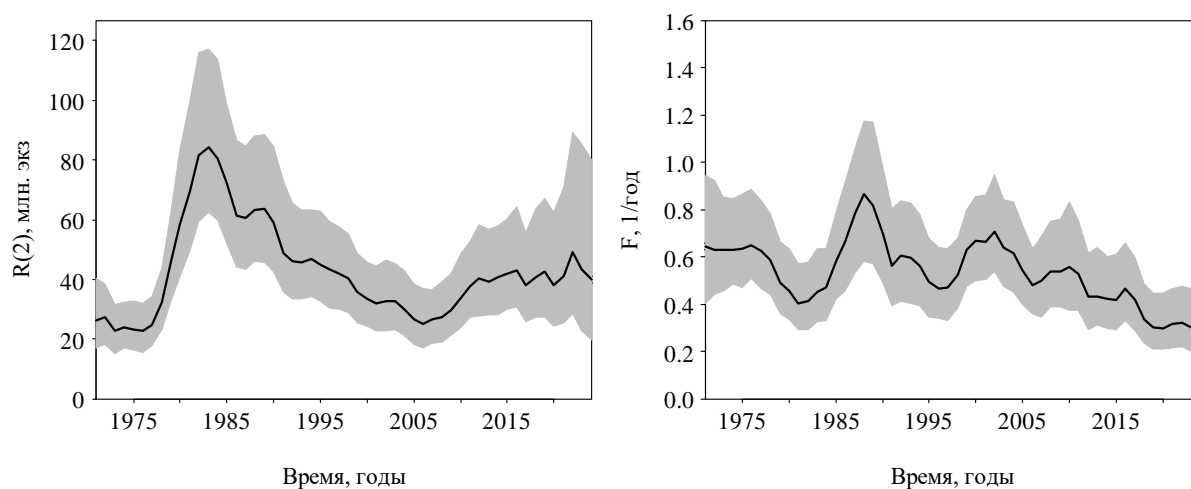


Рис. 119. Межгодовая динамика биомассы пополнения (слева) и коэффициентов промысловой смертности (справа) трески у Западной Камчатки. Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы оценок

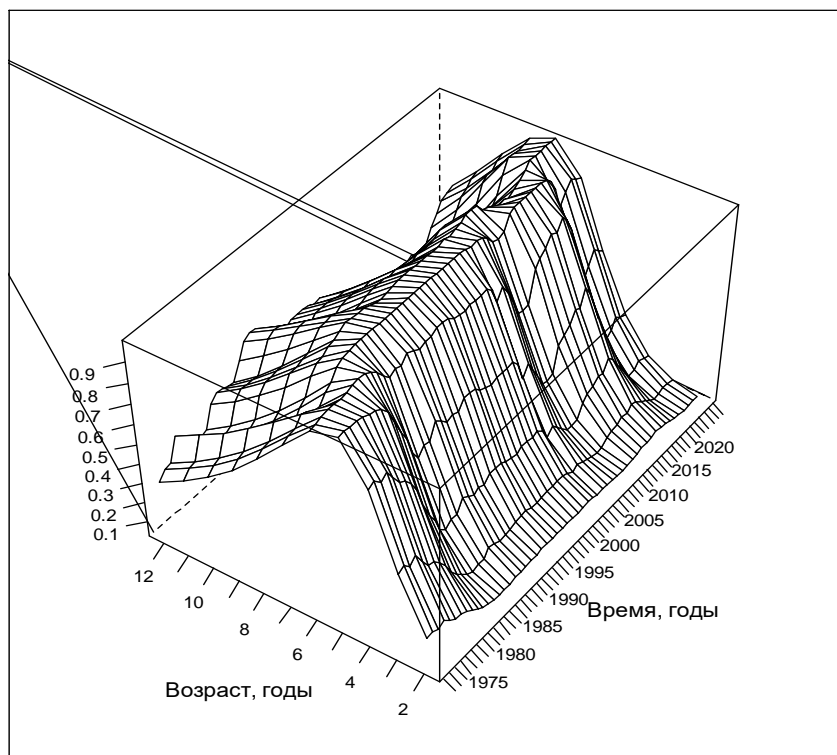


Рис. 120. Ретроспективные оценки коэффициентов селективности промысла

Межгодовая динамика модельных и наблюдаемых индексов запаса трески представлена на рисунке 121. В модели используется предположение о нормальном распределении отклонений между натуральными логарифмами наблюдаемых значений и их одношаговыми прогнозами по модели (так называемые, «нормированные обновления») [Ильин, 2022]. Проверка нулевых гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий этих величин осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для использованных в модели индексов запаса не было оснований отвергнуть эти гипотезы на уровне значимости $p < 0.05$.

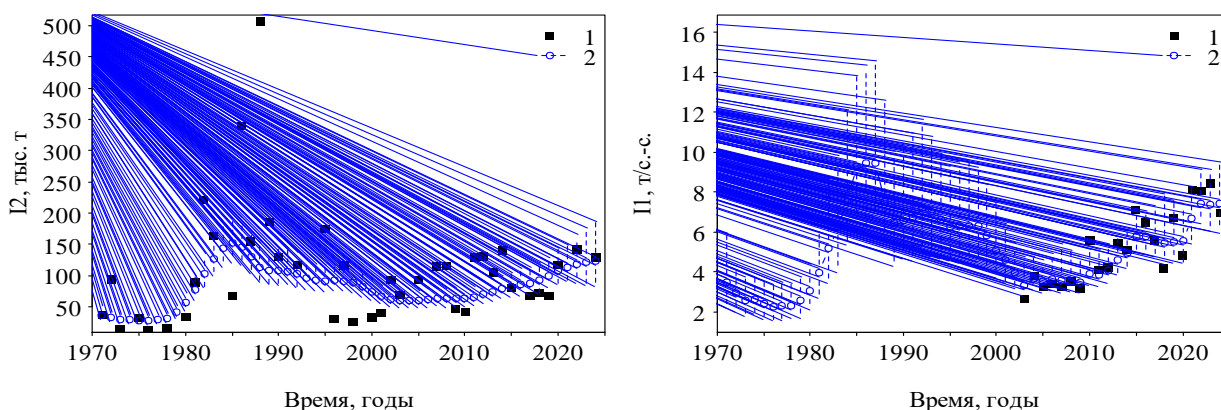


Рис. 121. Наблюдаемые значения индексов запаса (1) и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2). Слева — данные траловых съемок, справа — стандартизованный улов на усилие

Важным элементом диагностики результатов моделирования динамики запаса является ретроспективный анализ. Результаты проверки модели на наличие ретроспективной смещенности представлены на рисунке 122. Значение показателя Мона р для ретроспективных оценок нерестовой биомассы составило -0,4%. В работе Хуртадо-Ферро с соавторами [Hurtado-Ferro et al, 2015] предложены пороговые значения показателя Мона р для долгоживущих видов рыб: нижний — -15%, верхний — 20%, для рыб с малой продолжительностью жизни: нижний — -22%, верхний — 30%. Следовательно, можно говорить об отсутствии значимой ретроспективной смещенности у модельных оценок нерестовой биомассы западнокамчатской трески.

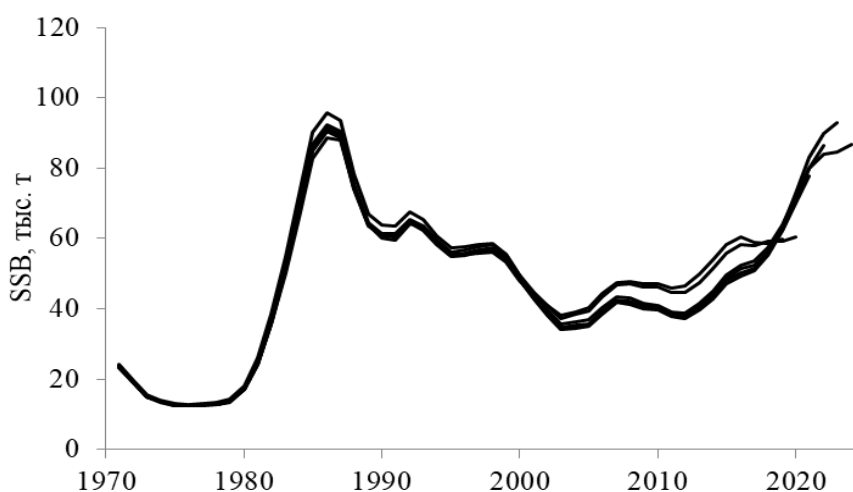


Рис. 122. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы

Промысел. Начало активного освоения запасов трески западнокамчатского шельфа относится к периоду становления тралового промысла в 1940–1950 гг., когда ее среднегодовой вылов составлял около 2 тыс. т (рис. 123). До этого треску в основном добывали в прилове при промысле других видов, а также эпизодически при помощи ярусов. В 1950–1970-х гг. годовые уловы вида в среднем составляли около 4,1 тыс. т. Середина 1980-х гг. характеризовалась ростом запасов трески практически во всех районах Северной Пацифики, в том числе на Западной Камчатке. В этот же период увеличились и годовые уловы. В среднем в эти годы добывали около 40 тыс. т.

В 2024 г. у Западной Камчатки добыто порядка 18,5 тыс. т трески (табл. 17). Следует заметить, что степень реализации ОДУ этой популяции в 2015–2024 гг. изменялась от 61,5 (в 2015 г.) до 98,2% (в 2020 г.), а в среднем составляла 80,9%. При этом в Камчатско-Курильской подзоне среднее освоение ОДУ, равное 88,8%, заметно выше, чем в Западно-Камчатской подзоне (62,2%). В 2023 г. впервые за последнее десятилетие степень реализации ОДУ трески в Камчатско-Курильской подзоне составила 110,0%, преимущественно за счёт перераспределения объемов изъятия вида между

подзонами Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской без превышения суммарного объема общего допустимого улова.

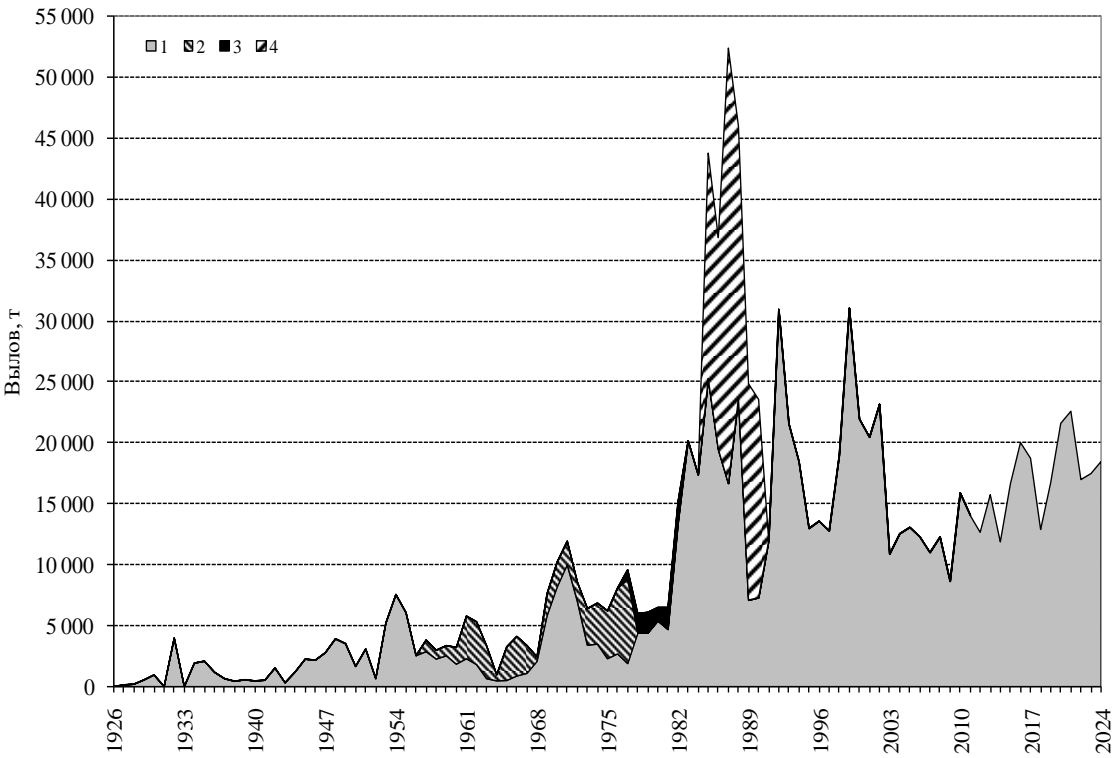


Рис. 123. Межгодовая динамика вылова трески у Западной Камчатки: 1 — вылов советскими и российскими судами; 2 — уловы Японии при снюрреводном промысле до 1978 г.; 3 — уловы Японии после введения ИЭЗ; 4 — уловы Северо-Курильской базы сейнерного флота (БСФ) в Камчатско-Курильской подзоне в период роста запасов

Таблица 17

Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ западнокамчатской трески

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение, %
1	2	3	4
Западно-Камчатская подзона			
2015	10,0	4,759	47,6
2016	9,3	5,205	56,0
2017	7,0	3,813	54,5
2018	4,7	2,603	55,4
2019	5,2	4,171	80,2
2020	4,4	3,919	89,1
2021	6,7	5,550	82,8
2022	5,0	3,309	66,2
2023	4,8	2,631	54,8
2024	4,8	2,622	54,6
Среднее	6,2	3,858	62,2
Камчатско-Курильская подзона			
2015	14,8	10,488	70,9
2016	16,4	12,283	74,9

1	2	3	4
2017	16,4	12,902	78,7
2018	11,1	9,048	81,5
2019	12,2	11,469	94,0
2020	12,4	12,577	101,4
2021	19,0	17,290	91,0
2022	14,4	14,171	98,4
2023	13,9	15,285	110,0
2024	17,0	15,891	93,5
Среднее	14,8	13,140	88,8
Западная Камчатка			
2015	24,8	15,247	61,5
2016	25,7	17,488	68,0
2017	23,4	16,715	71,4
2018	15,8	11,651	73,7
2019	17,4	15,640	89,9
2020	16,8	16,496	98,2
2021	25,7	22,840	88,9
2022	19,4	17,480	90,1
2023	18,7	17,916	95,8
2024	21,8	18,513	84,9
Среднее	20,9	16,999	80,9

Следует отметить, что если в 2001–2009 гг. в Западно-Камчатской подзоне ежегодные уловы превышали таковые в Камчатско-Курильской подзоне (в среднем 64,9% общего вылова у Западной Камчатки), то в последние 10 лет, напротив, основной вылов обеспечивала Камчатско-Курильская подзона (около 75%). Это обстоятельство учитывается при распределении ОДУ по подзонам.

Основными орудиями промысла трески у Западной Камчатки являются снюрреводы и донные ярусы. В 2015–2024 гг. вклад в общий вылов первых с 2015 г. снижался (рис. 124). В 2020 г. отмечалось небольшое увеличение доли вылова снюрреводным флотом (36,1%), однако в 2021–2022 гг. она уменьшилась до 23,5%. Относительный вклад снюрреводного промысла в 2024 г. заметно снизился и составил 13,4%. В 2022 и 2023 гг. отмечено увеличение вылова трески другими орудиями лова (донными и разноглубинными тралями, ловушками и др.). Их вклад составлял около 2,5 и 3,8%, соответственно. В 2024 г. их доля была незначительной (0,1%).

В Камчатско-Курильской подзоне постепенное увеличение вклада в общий вылов судов, оснащенных снюрреводами, наблюдалось до 2015 г., затем, до 2018 г., последовало снижение этого показателя (рис. 124). В 2018–2020 гг. вклад снюрреводного флота снова возрос и в среднем он составлял 55,9%. В 2021–2024 гг. отмечено снижение доли этого орудия лова (до 43,4%).

Добыча трески у Западной Камчатки, как и в других районах, имеет выраженный сезонный характер. Наиболее результативный промысел

донными ярусами приходится на зимне-весенний период (декабрь, январь–апрель), когда осваивается около 60% годового вылова этим орудием лова (рис. 125). В это время промысел базируется на преднерестовых и нерестовых скоплениях трески. После нереста основная масса трески рассредоточивается и мигрирует на мелководье на откорм, соответственно, промысловые показатели резко снижаются. В этой связи, традиционно с июля по октябрь ярусный промысел вида практически не ведется.

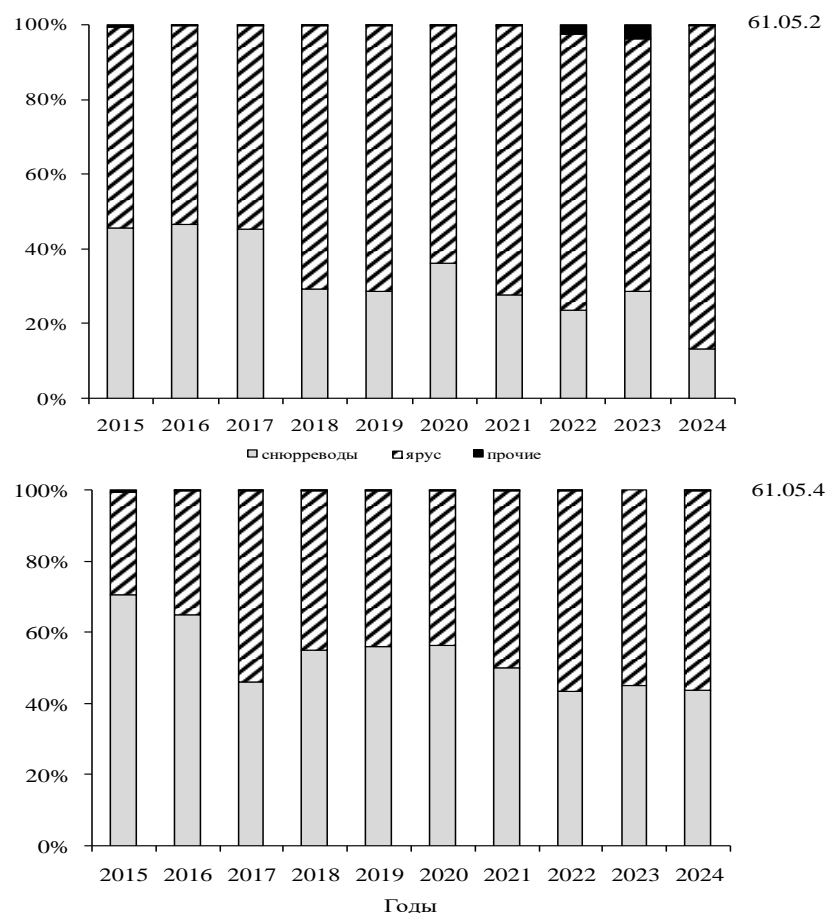


Рис. 124. Межгодовая динамика соотношения вылова трески разными орудиями лова у Западной Камчатки

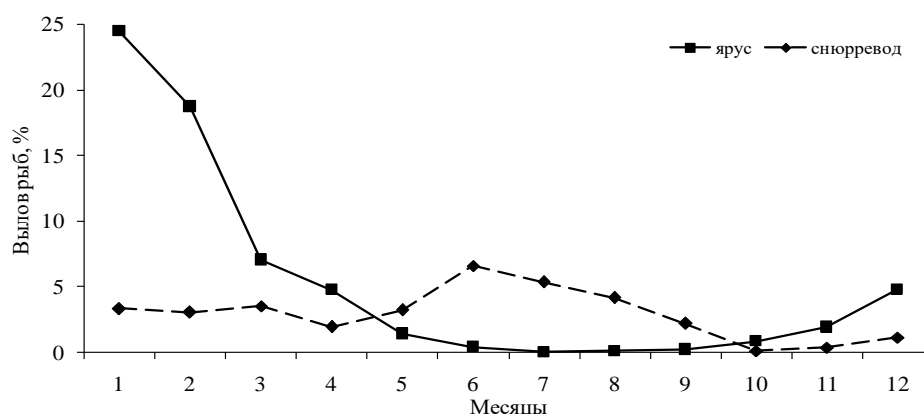


Рис. 125. Осредненная динамика уловов трески по месяцам в 2015–2024 гг.

Наибольший вылов трески снюрреводами, напротив, приходится на летние месяцы (около 30% годового вылова), когда ведется ее специализированный промысел, либо добывают треску в качестве прилова при промысле камбал, наваги и др. (рис. 125).

Косвенно о состоянии запасов западнокамчатской трески можно судить по динамике средних уловов на единицу усилия (CPUE) и количества усилий (Е) судов, обеспечивающих основной вылов. На снюрреводном промысле у судов типа РС в последние 10 лет CPUE в среднем был равен около 4,4 т/судосутки (рис. 126А). Минимальное значение этого показателя отмечено в 2018 г. (2,4 т/судосутки). В 2024 г. CPUE достиг максимального за рассматриваемый период показателя — 6,7 т/судосутки, при этом количество усилий немногим больше уровня прошлого года.

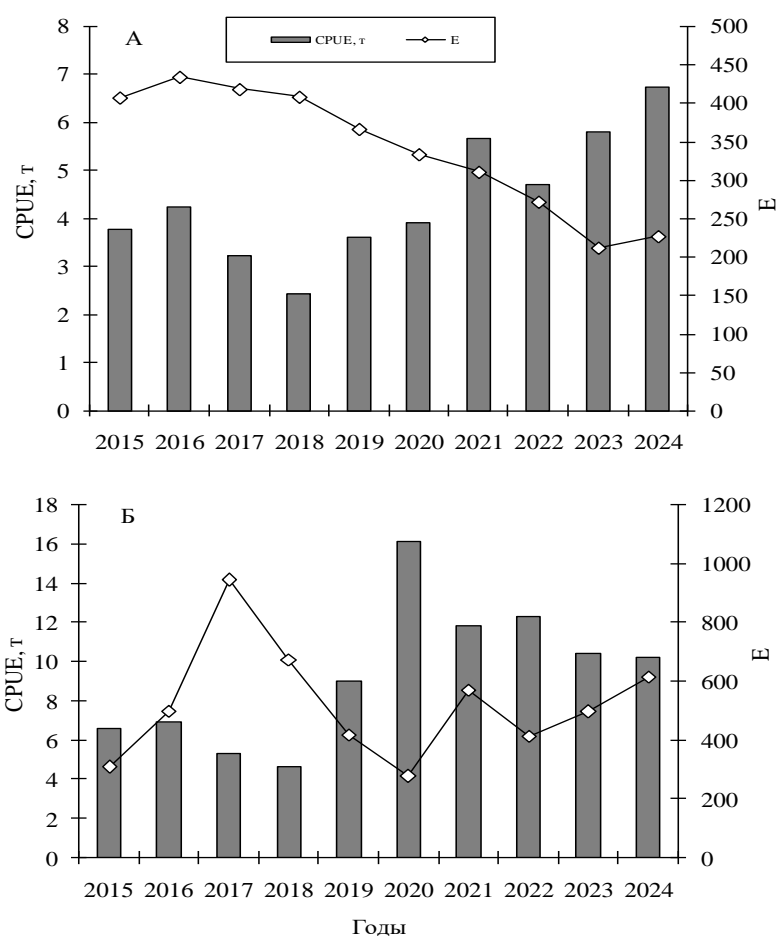


Рис. 126. Межгодовая динамика количества усилий (Е, количество судосуток на лову) и уловов на единицу усилия (CPUE) на промысле трески снюрреводами (А) судами типа РС и ярусами (Б) судами типа СЯМ у Западной Камчатки

На ярусном промысле у судов типа СЯМ до 2016 г. CPUE постепенно увеличивался, затем (2017–2018 гг.) последовало снижение этого показателя (рис. 126Б). В 2019 и 2020 гг. CPUE снова увеличился и составлял около 9,0 и 16,1 т/судосутки, соответственно. В 2021–2022 гг. он снизился до 12 т/судосутки, а в 2023–2024 гг. — до 10,2 т/судосутки. Количество усилий в 2017 г. зафиксировано на максимальном для рассматриваемого периода

уровне. После чего последовало его снижение, и в 2020 г. отмечены наименьшие значения этого показателя. В 2024 г. количество усилий увеличилось (до 614), относительно предыдущего года. Описанные показатели, стандартизованные по модели GLM, используются в качестве индекса при модельных расчетах состояния запаса.

Размерно-возрастной состав тихоокеанской трески на западнокамчатском шельфе из уловов снюрреводом зависит не только от состояния запасов в текущем году, но и, в значительной мере, от структуры промысла. В отдельные годы, когда развивался зимне-весенний промысел на преднерестовых скоплениях с охотоморской стороны Северных Курил, в уловах возрастает количество старших рыб возрастом 5–7 лет (50–70 см), как это наблюдалось в 2016, 2019 и 2021 гг. В тех же случаях, когда снюрреводный лов в основном приурочен к летнему периоду, в уловах возрастает количество 2–3-годовиков длиной 30–40 см (2017 и 2023 гг.) и 3–4-годовиков длиной 35–45 см, как это наблюдалось в 2018, 2020, 2022 и 2024 гг. (рис. 127 и 128).

Собрать данные по размерному составу трески на ярусном промысле удаётся не каждый год. К сожалению, нет этих сведений для ряда лет — 2015, 2016 и 2024 гг.

В 2017 и 2018 гг. в уловах донным ярусом преобладали рыбы размерных групп 45–60 см, возрастных — 4–6 лет, на долю которых в среднем приходилось около 62 и 73% соответственно (рис. 129).

В 2019 г. основу уловов составляли особи размерных групп 55–70 см, возрастных — 5–6 лет, на долю которых приходилось в среднем около 65%. В 2020 г. заметно доминировали рыбы размерных групп 65–75 см (около 70%), возрастных — 6–7 лет, их доля составляла более 62%. В 2021 г. заметно преобладали рыбы размерных групп 70–85 см, возрастных — 7–9 лет, на долю которых приходилось около 79%. В 2022 и 2023 гг. преобладали особи длиной 55–75 см (79 и 77%, соответственно). В 2022 г. основу уловов формировали рыбы возрастом 5–6 лет, а в 2023 г. — 6–7 лет (рис. 129).

Итоговый размерный состав трески в 2024 г. рассчитали по осреднённым данным на ярусном и тралово-снюрреводном промысле с учетом вылова. Возрастной состав определяли по среднемуголетним размерно-возрастным ключам, сформированным по полугодиям.

В 2015 г. основу промысловых уловов составляла треска в возрасте 4 и 5 лет соответственно. В 2016, 2019 и 2022 гг. основу вылова составляла рыба в возрасте 5–6 лет (рис. 130). В 2017 г. доминировали 2(3)–5-летние особи. Определенно, к числу среднеурожайных когорт можно отнести рыб генерации 2015 г. Особи этого поколения массово появились в уловах уже в возрасте 2 года (28,7%), занимая первое место по частоте встречаемости в 2017 г. Очевидно, генерацию 2016 г. можно отнести к числу низких по численности, по сравнению с предыдущими поколениями 2013–2015 гг.

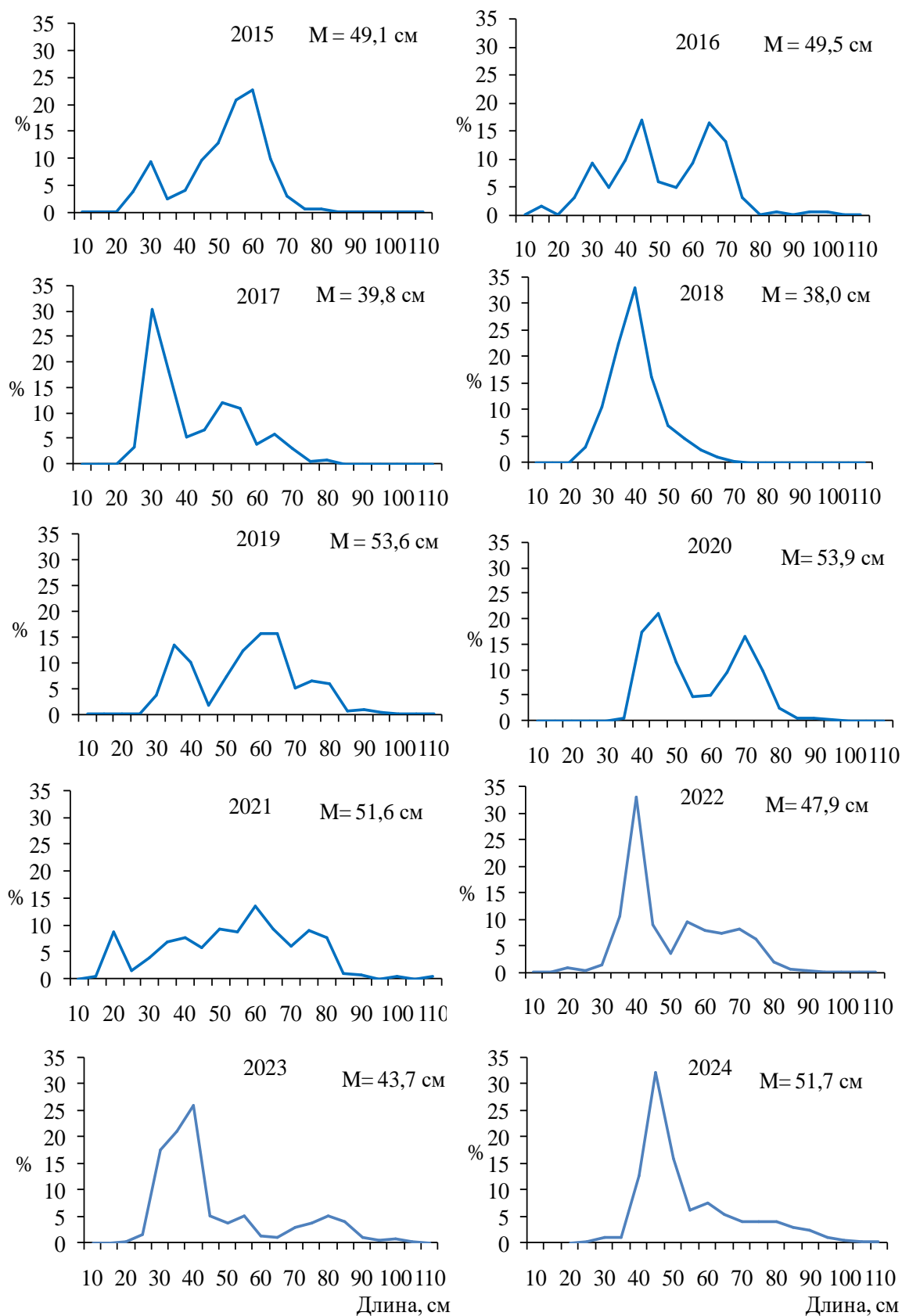


Рис. 127. Межгодовая динамика размерного состава западнокамчатской трески из промысловых снюрреводных уловов

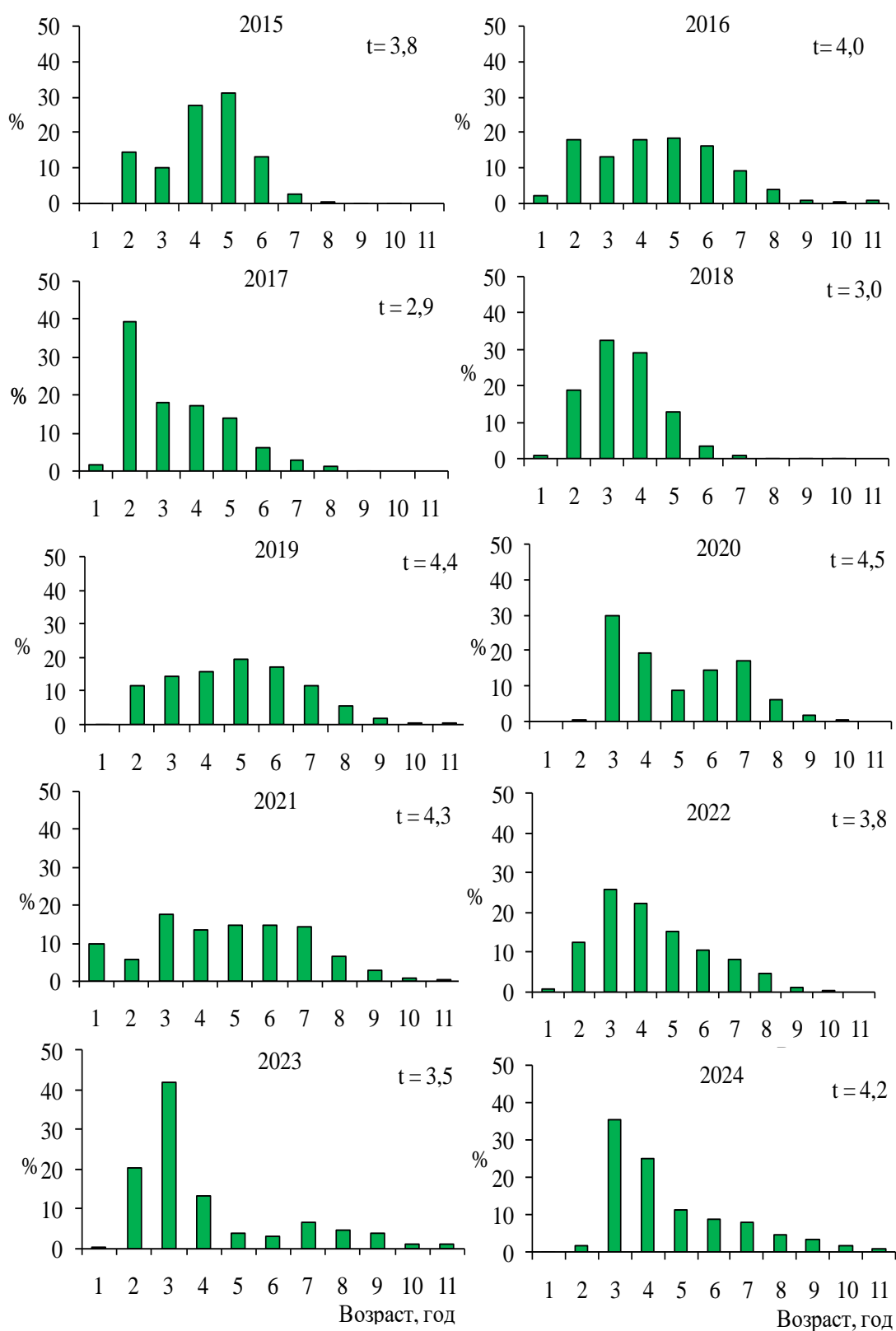


Рис. 128. Межгодовая динамика возрастного состава трески западнокамчатского шельфа из промысловых снюрреводных уловов

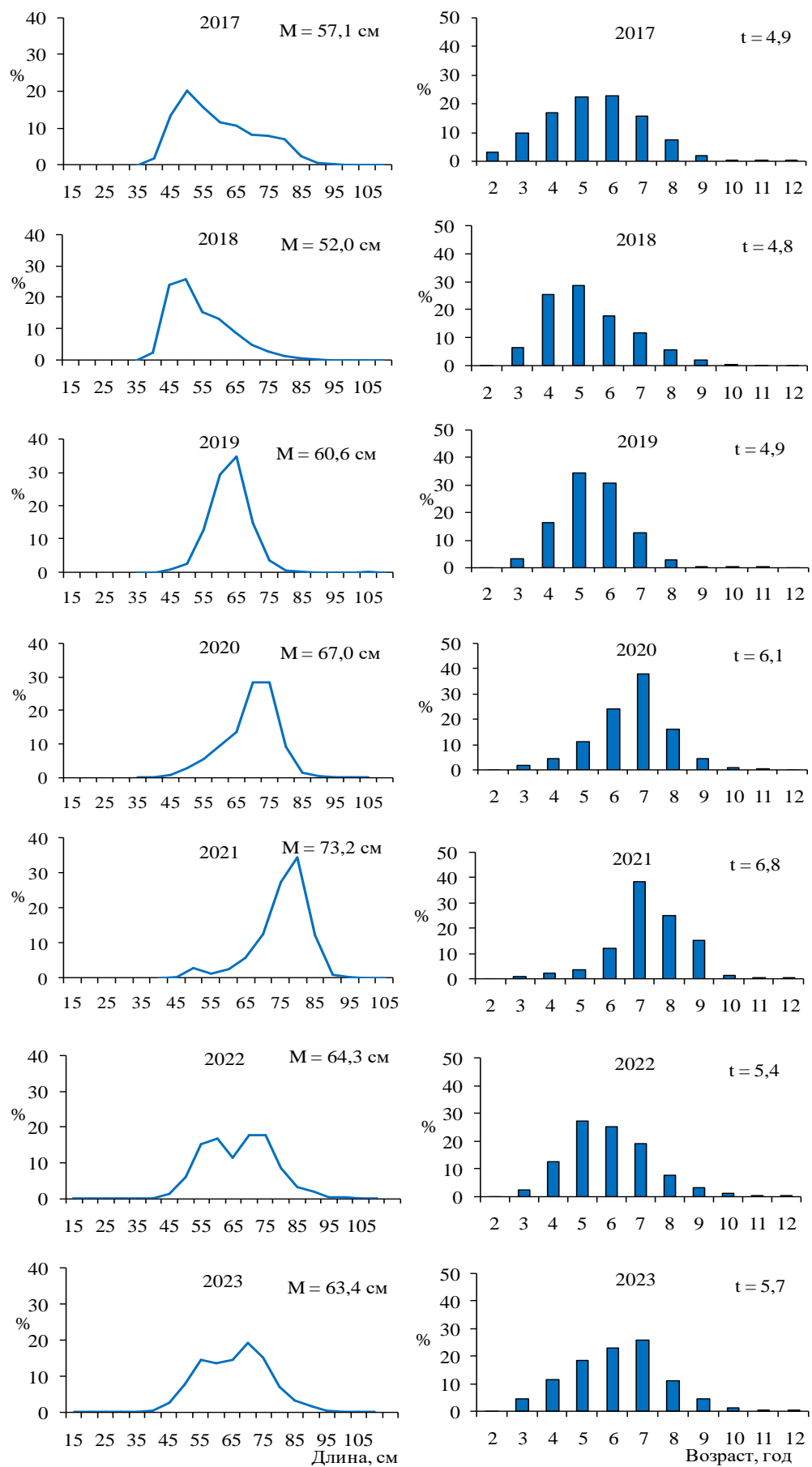


Рис. 129. Межгодовая динамика размерного и возрастного состава трески западнокамчатского шельфа из промысловых ярусных уловов

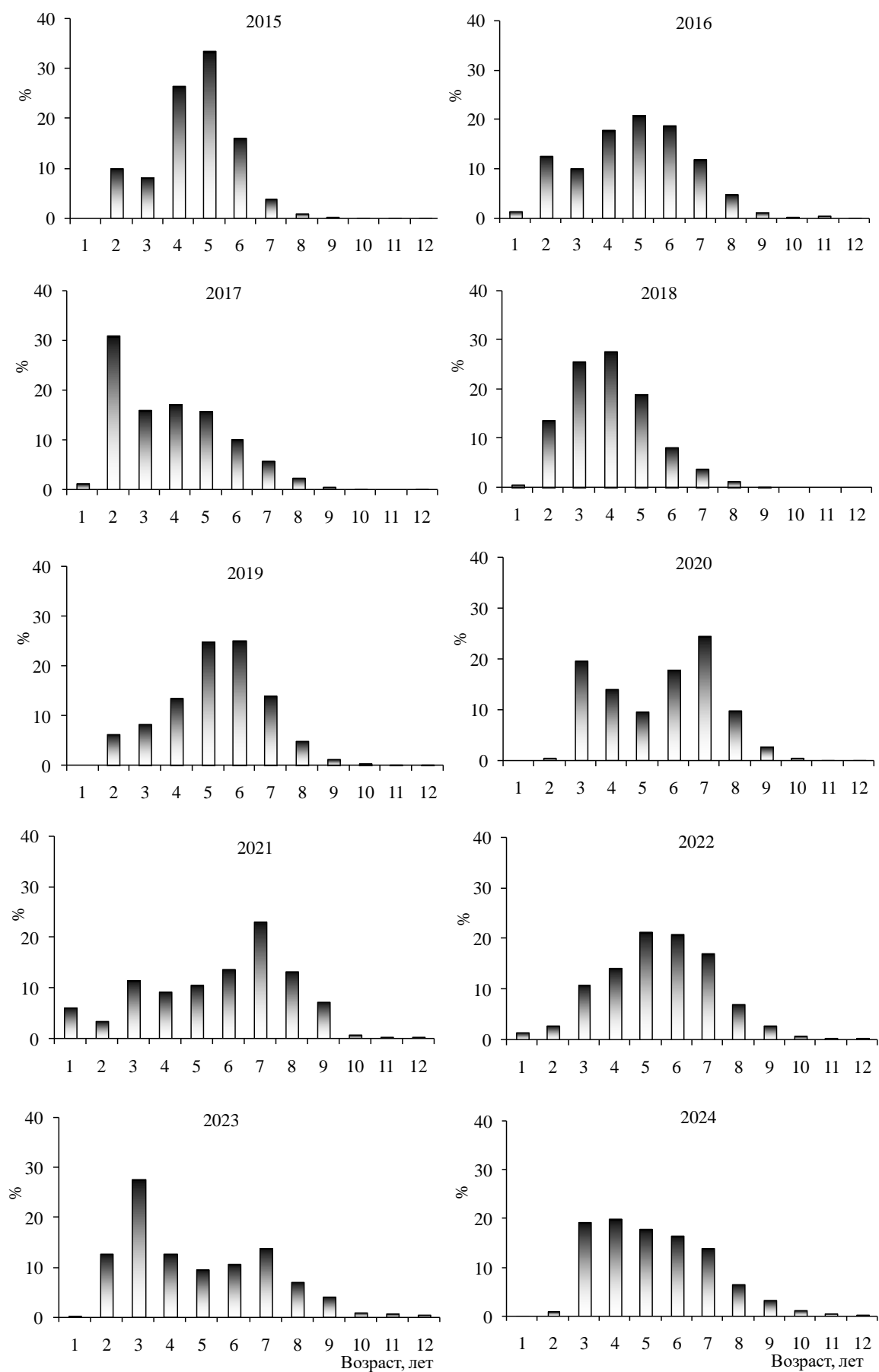


Рис. 130. Межгодовая динамика возрастного состава западнокамчатской трески

В 2018 г. более половины рыб в уловах было в возрасте 3–4 года — наиболее урожайных за рассматриваемый период генераций 2014–2015 гг. К этим же поколениям относятся рыбы, отмечавшиеся в уловах и в 2019–2021 гг. В 2020 г. основу уловов формировали рыбы в возрасте 3–4 лет (суммарно около 34%) и 6–7 лет (около 43%). В 2021 г. заметно превалировали старшевозрастные особи 6–8-летнего возраста, их доля составляла более 50%. Стоит отметить появление в уловах годовиков генерации 2020 г., относительное количество которых было наибольшим в рассматриваемые годы (более 6%), что косвенно указывает на его урожайность. В 2023 г. 46,5% составляли рыбы 2–3-летнего возраста. В 2024 г. более половины (57,1%) особей в уловах имели возраст 3–5 лет, очевидно, высокочисленных генераций 2020–2021 гг. (рис. 130).

Определение биологических ориентиров

С переходом на когортную модель в пространстве состояний в 2023 г. ориентиры управления для западнокамчатской трески были переоценены, исходя из динамики пополнения и нерестового запаса в ретроспективный период. В настоящем обосновании они не изменились.

Вероятностные характеристики оценок некоторых общеизвестных биологических ориентиров [Бабаян, 2000] представлены в таблице 18.

Таблица 18

Статистические характеристики оценок некоторых биологических ориентиров по результатам моделирования методом Монте-Карло

	2,5%	5%	25%	Median	75%	95%	97,5%	Mean	SE
$F_{lim}(\text{Caddy})$, 1/год	0,563	0,592	0,671	0,716	0,771	0,846	0,871	0,718	0,085
F_{msy} , 1/год	0,311	0,337	0,392	0,418	0,448	0,491	0,516	0,417	0,055
$F_{40\%}$, 1/год	0,319	0,337	0,373	0,394	0,416	0,453	0,468	0,393	0,046
$F_{0.1}$, 1/год	0,340	0,363	0,395	0,414	0,441	0,480	0,496	0,416	0,046
F_{med} , 1/год	0,356	0,391	0,436	0,470	0,503	0,555	0,569	0,468	0,061
F_{max} , 1/год	0,584	0,626	0,739	0,829	0,950	1,278	1,387	0,875	0,227
$F_{lim} \cdot B_{20\%bvir}$, 1/год	0,650	0,694	0,797	0,856	0,917	1,019	1,062	0,854	0,119
B_{loss} , тыс. т	8,31	8,65	9,85	10,75	11,54	12,48	12,87	10,69	1,19
$B_{20\%} \cdot B_{vir}$, 1/год	28,68	29,21	31,08	32,58	34,15	37,07	38,27	32,76	2,42
B_{msy} , 1/год	52,41	55,67	63,12	68,56	75,36	90,72	94,39	70,15	10,88
$SSB(F_{med})$, 1/год	47,86	49,49	53,69	56,75	59,57	64,05	65,74	56,75	4,50

Примечание: жирным шрифтом выделены ориентиры, принятые для расчета (пояснения в тексте).

Полученные оценки ориентира F_{msy} с учетом связи «запас-пополнение» [Sissenwine, Shepherd, 1987] и его популярных «заменителей» $F_{40\%}$, $F_{0.1}$ и F_{med} оказались довольно близки. Это может говорить об адекватности полученных оценок. В качестве целевого ориентира по промысловой смертности было выбрано среднее значение от указанных величин, т.е. $F_{tr} = (F_{msy} + F_{40\%} + F_{0.1} + F_{med})/4 = 0,424$ 1/год.

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали F_{lim} по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998] — $F_{lim}=0,716$ 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю.

Исходя из динамики биомассы нерестового запаса и общего вылова, в качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе приняли верхнюю границу 95%-го доверительного интервала для наименьшего значения биомассы нерестового запаса за весь ретроспективный период: $B_{lim}=12,9$ тыс. т.

В качестве целевого ориентира по нерестовой биомассе B_{tr} приняли значение, соответствующее F_{tr} на кривой равновесной биомассы на рекрута с учетом среднегогодовой величины пополнения: $SSB(F_{tr})=57,8$ тыс. т (рис. 131).

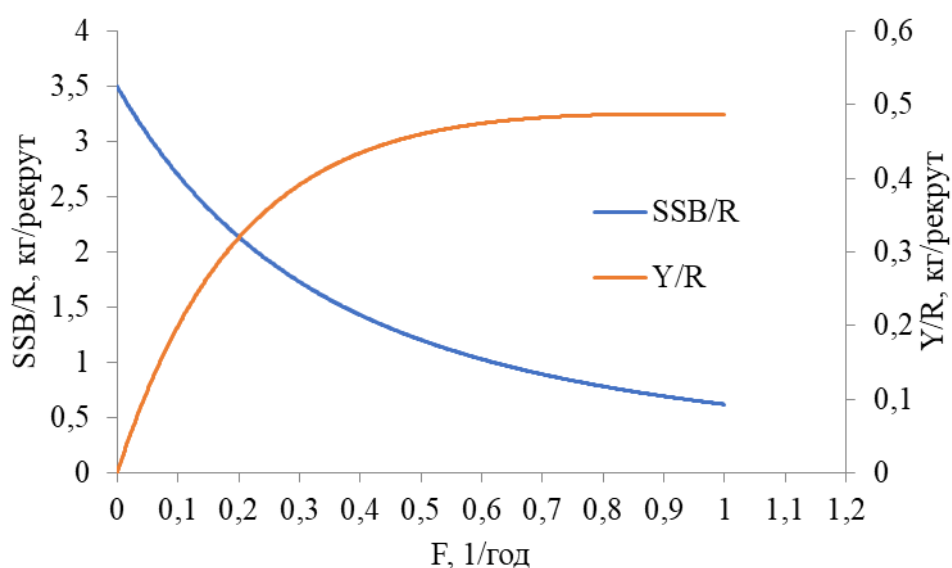


Рис. 131. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) западнокамчатской трески, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью F_{tr} . Схема ПРП представлена на рисунке 132.

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = F_{tr} (B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}), \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

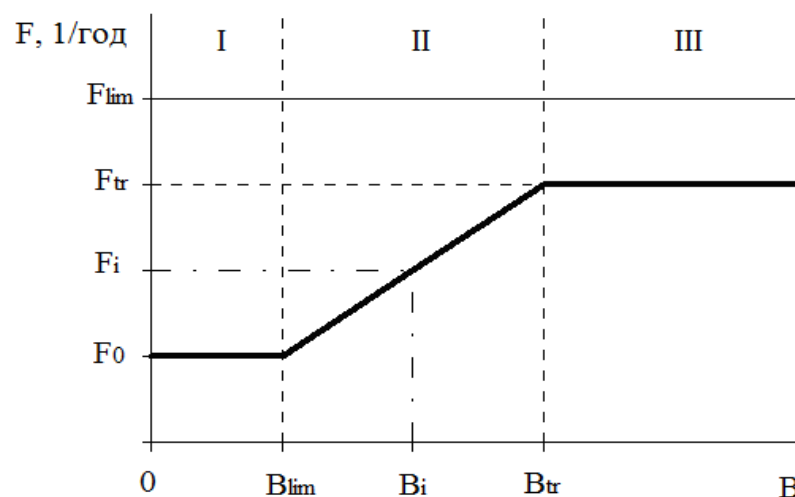


Рис. 132. Схема правила регулирования промысла (ПРП)

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса на 1–2 года вперед использованы те же соотношения (M , массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. $F=0,4575 \text{ год}^{-1}$ соответствует ОДУ, равному 25,0 тыс. т. Коэффициенты селективности по возрастам принимали равными средним за последние 10 лет.

В качестве пополнения запаса трески Западной Камчатки на прогнозный период приняли среднюю за последние 10 лет численность 2-годовиков. По нашим прогнозам, в 2025–2026 гг. она составит 41,8 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса на 2 года вперед (табл. 19). По нашим прогнозам, в 2025 г. запасы трески западнокамчатского шельфа достигнут пика по нерестовой биомассе, а с 2026 г. начнется их снижение. Тем не менее, в 2025–2026 гг. ресурсы трески будут находиться выше уровня целевого ориентира по биомассе.

Таблица 19

Оценки численности и биомассы трески Западной Камчатки в возрасте 2 года и старше в 2024–2026 гг.

	Возраст рыб, лет											Итого
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Численность на начало года, млн экз.	39,95	29,04	21,85	11,80	6,70	4,20	2,06	0,98	0,56	0,26	0,10	117,5
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,006	0,015	0,037	0,084	0,168	0,259	0,300	0,285	0,248	0,208	0,173	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,674	0,668	0,653	0,623	0,573	0,523	0,502	0,510	0,529	0,550	0,550	
Средняя масса рыб, кг	0,363	0,739	1,320	2,077	3,235	4,891	6,182	7,429	7,670	9,631	9,780	
Биомасса на начало года, тыс. т	14,50	21,46	28,85	24,50	21,66	20,57	12,72	7,25	4,30	2,46	1,02	159,3
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,07	0,75	5,91	16,66	18,74	17,17	12,40	7,25	4,30	2,46	1,02	86,7
2025												
Численность на начало года, млн экз.	41,81	26,92	19,39	14,28	7,35	3,84	2,20	1,03	0,50	0,30	0,14	117,8
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,016	0,037	0,084	0,175	0,307	0,419	0,445	0,396	0,325	0,258	0,203	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,667	0,653	0,623	0,569	0,499	0,446	0,435	0,456	0,490	0,524	0,524	
Средняя масса рыб, кг	0,363	0,739	1,320	2,077	3,235	4,891	6,182	7,429	7,670	9,631	9,780	
Биомасса на начало года, тыс. т	15,18	19,89	25,60	29,65	23,79	18,78	13,60	7,68	3,81	2,86	1,37	162,2
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,08	0,70	5,25	20,17	20,58	15,68	13,26	7,68	3,81	2,86	1,37	91,4
2026												
Численность на начало года, млн экз.	41,81	27,89	17,58	12,08	8,12	3,67	1,71	0,96	0,47	0,24	0,16	114,7
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,015	0,035	0,078	0,162	0,284	0,388	0,412	0,367	0,301	0,239	0,188	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,668	0,655	0,627	0,576	0,510	0,460	0,449	0,470	0,502	0,534	0,534	
Средняя масса рыб, кг	0,363	0,739	1,320	2,077	3,235	4,891	6,182	7,429	7,670	9,631	9,780	
Биомасса на начало года, тыс. т	15,18	20,61	23,21	25,09	26,28	17,95	10,58	7,10	3,62	2,35	1,52	153,5
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,08	0,72	4,76	17,06	22,74	14,99	10,32	7,10	3,62	2,35	1,52	85,3
ОДУ, тыс. т	0,18	0,58	1,45	3,13	5,43	4,84	3,00	1,83	0,79	0,42	0,22	21,9

Обоснование рекомендуемого объема ОДУ

На начало 2026 г. модельная оценка биомассы нерестового запаса составляет 85,2 тыс. т, что соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рис. 132). Согласно ПРП, рекомендованное значение промысловой смертности на 2026 г. составит $0,424 \text{ год}^{-1}$. Величину вылова рассчитывали по формуле:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \quad [\text{Бабаян, 2000}],$$

где: s_j — возрастные коэффициенты селективности, w_j — масса особей, M_j — МКЕС, $N_{i,j}$ — численность j -ой возрастной группы, F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно ПРП, вылов трески Западной Камчатки в 2026 г. составит 21,9 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) биомасса нерестового запаса трески Западной Камчатки не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 133). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелома по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,2$ [Бабаян, 2000].

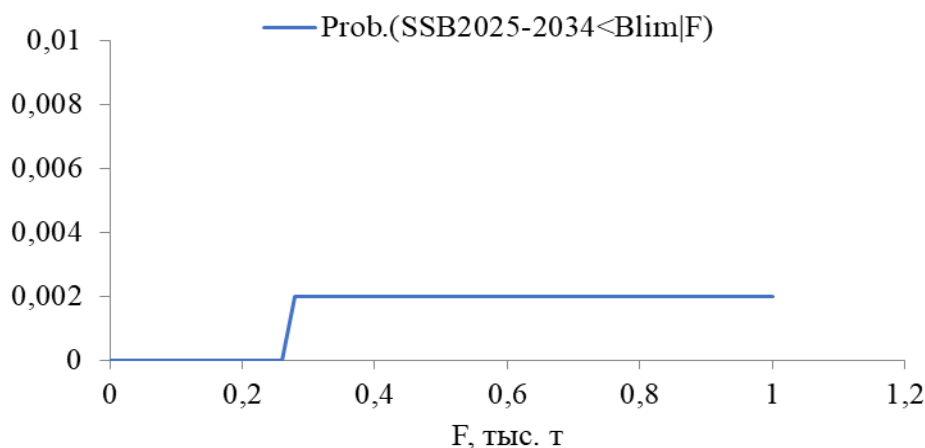


Рис. 133. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия.

Как видно из рисунка 134, при соблюдении ПРП, запас трески Западной Камчатки с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет находиться вблизи целевого ориентира по биомассе. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований отклонить действующую стратегию управления промыслом.

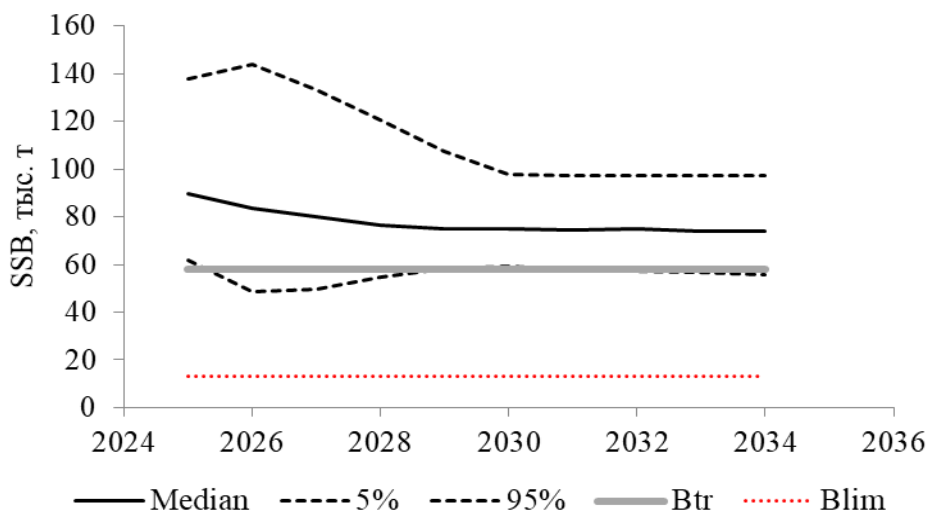


Рис. 134. Модельная динамика биомассы нерестового запаса трески Западной Камчатки при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятой стратегии управления запасом на 2 года вперед, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону, как функцию величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Проведенный риск-анализ показал, что риски перелова по пополнению и перелова по росту при рекомендуемой величине ОДУ трески Западной Камчатки 21,9 тыс. т не превышают рекомендованного уровня $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000] (рис. 135).

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2014 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 136.

Сложившаяся в последние 10 лет практика промысла показывает, что в Западно-Камчатской подзоне вылавливается в среднем 23% общего вылова трески у Западной Камчатки. Предполагаем, что в 2026 г. распределение вылова трески по подзонам будет таким же. Исходя из этого, рекомендуем в Западно-Камчатской подзоне освоить 5,0 тыс. т, а в Камчатско-Курильской — 16,9 тыс. т.

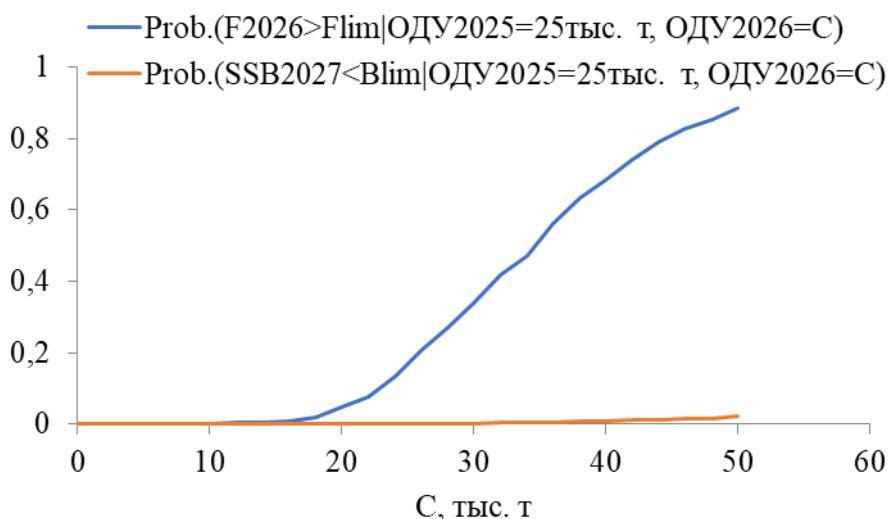


Рис. 135. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса трески Западной Камчатки

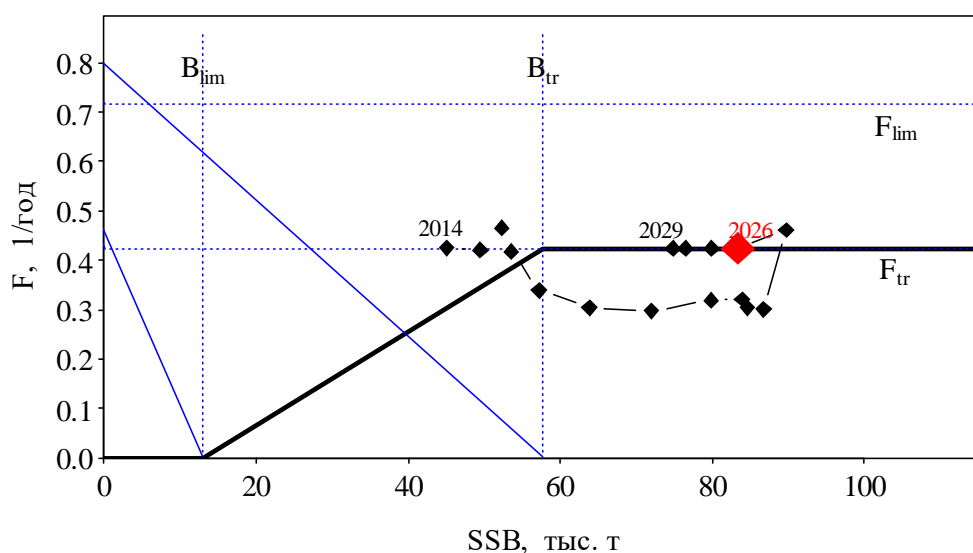


Рис. 136. Реализация правила регулирования промысла трески Западной Камчатки в 2014–2029 гг.

Таким образом, **ОДУ трески в 2026 г. составит: в Западно-Камчатской подзоне 5,000 тыс. т, в Камчатско-Курильской — 16,900 тыс. т.**

Поскольку предполагается, что на западнокамчатском шельфе обитает единая популяция трески, считаем, что в 2026 г., как и в 2022–2025 гг., допустимо перераспределение объёмов общих допустимых уловов трески между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами без превышения суммарного объёма общего допустимого улова трески. Полагаем, что такая мера не нанесёт ущерб состоянию эксплуатируемой популяции, будет способствовать более рациональному использованию ее ресурсов.

61.06 – Зона Японское море

61.06.1 - подзона Приморье

Исполнители: В.В. Кулик, А.О. Золотов («ТИНРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104 «О предоставлении материалов, обосновывающих общие допустимые уловы ВБР...» (далее – Приказ № 104), треска подзоны Приморья отнесена к приоритетным объектам российского промысла, для которых устанавливается общий допустимый улов (ОДУ).

Большая часть района обитания северояпономорской трески приходится на российские воды. Согласно опубликованным результатам исследований [Смирнова и др., 2018; Орлова и др., 2019] треска Японского моря генетически неоднородна. Результаты микросателлитного анализа ДНК свидетельствуют о достоверных генетических различиях особей двух выборок, что позволяет предполагать существование двух популяций. К одной из них были отнесены рыбы, обитающие в Татарском проливе вдоль западного побережья о-ва Сахалин, а также к востоку и юго-востоку, через прол. Лаперуза, вдоль северного побережья о-ва Хоккайдо, вплоть до тихоокеанских и охотоморских вод о-ва Кунашир (далее – «сахалинская» популяция). Ко второй — рыбы, отловленные в зал. Петра Великого и у восточного (япономорского) побережья Южной Кореи («приморская» популяция).

Ранее высказывалось предположение, что в летне-осенний период особи этих двух группировок могут нагуливаться совместно на шельфе центральной и северной частей Татарского прол., [Савин, Калчугин, 2011]. В 2024 г., по результатам исследований особенностей сезонного распределения трески и функциональной структуры ее ареала в северной части Японского моря было показано, что, участок Татарского пролива севернее 48° с.ш. является районом совместного летнего нагула всех возрастных групп обеих популяций [Золотов, 2024а]. Данный вывод, например, может быть продемонстрирован, например, результатами донной траловой съёмки, выполненной специалистами «ТИНРО» и «СахНИРО» в апреле-мае 2022 г., сразу после окончания нерестового сезона трески, и перехода ее особей к нагулу (рис. 137).

Как видно из рисунка 137, явно локализуются два района воспроизводства трески: в зал. Петра Великого и у юго-западной оконечности о-ва Сахалин, где концентрации 1–3 годовиков были максимальными. На шельфе Татарского приморья в уловах доминировали 5–8-годовики, видимо мигрировавшие сюда для нагула после нереста. Причём, учитывая более чем четырёхкратную разницу в расстоянии от нерестилищ,

логично предположить, что в основном эти рыбы принадлежали сахалинской группировке. Взрослые особи приморской популяции в этот период в основном облавливались на шельфе Приморского края, от зал. Петра Великого до м. Золотой.

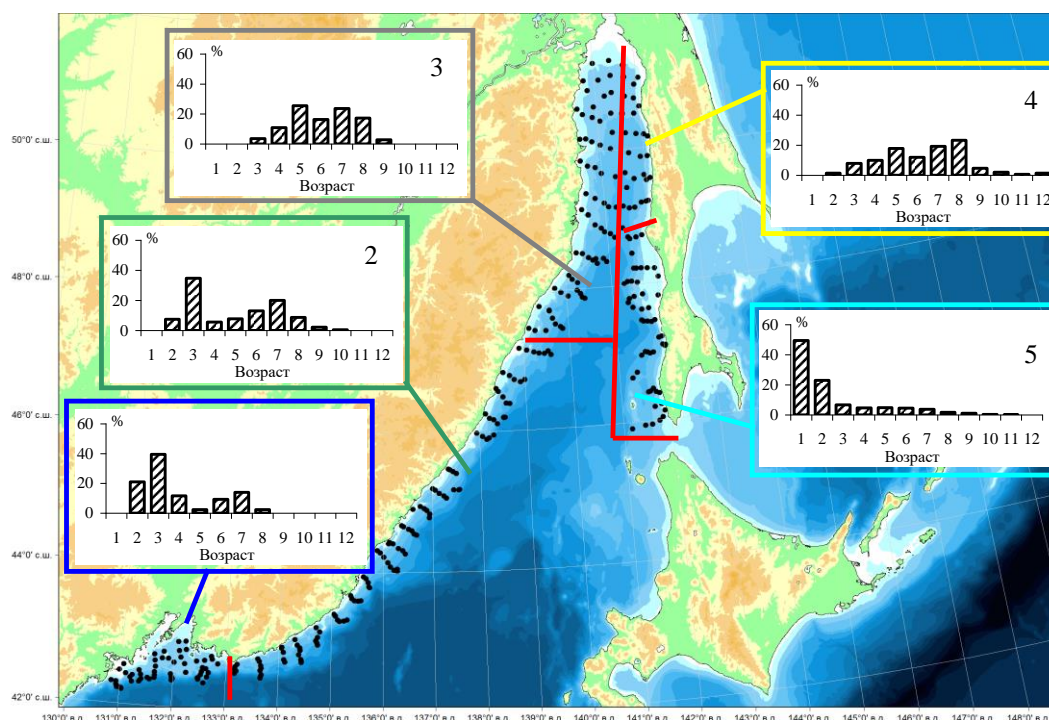


Рис. 137. Схема станций донной траловой съемки в апреле-мае 2022 г. на НИС «Дмитрий Песков» и «Владимир Сафонов» и возрастной состав трески по районам: 1 – зал. Петра Великого, 2 – подзона Приморье «Центр» (от зал. Петра великого до м. Золотой); 3 – подзона Приморье «Север», 4 – подзона Западно-Сахалинская «Север»; 5 – подзона Западно-Сахалинская «Юг»

Таким образом, промысловый запас трески подзоны Приморье складывается особями двух популяций и их долевое соотношение по данным донных траловых съёмок может быть установлено с достаточной степенью уверенности лишь в случае осуществления учётных работ в период с февраля по июнь, т.к. в дальнейшем вероятность смешения их особей на шельфе Татарского пролива увеличивается. Учитывая, что в среднемноголетнем аспекте приближённое соотношение учтенных биомасс приморской и сахалинской популяций трески по данным съёмок оценивается как 1:2, использование результатов летних учётных работ с охватом всей акватории подзоны Приморье, может приводить к завышенным оценкам биомассы.

С другой стороны, специализированный промысел трески подзоны Приморье практически не развит, а добывают её в основном в качестве прилова донными травами и снюрреводами на акватории, прилегающей к зал. Петра Великого и далее к северо-востоку до 138° в.д. (рис. 138).

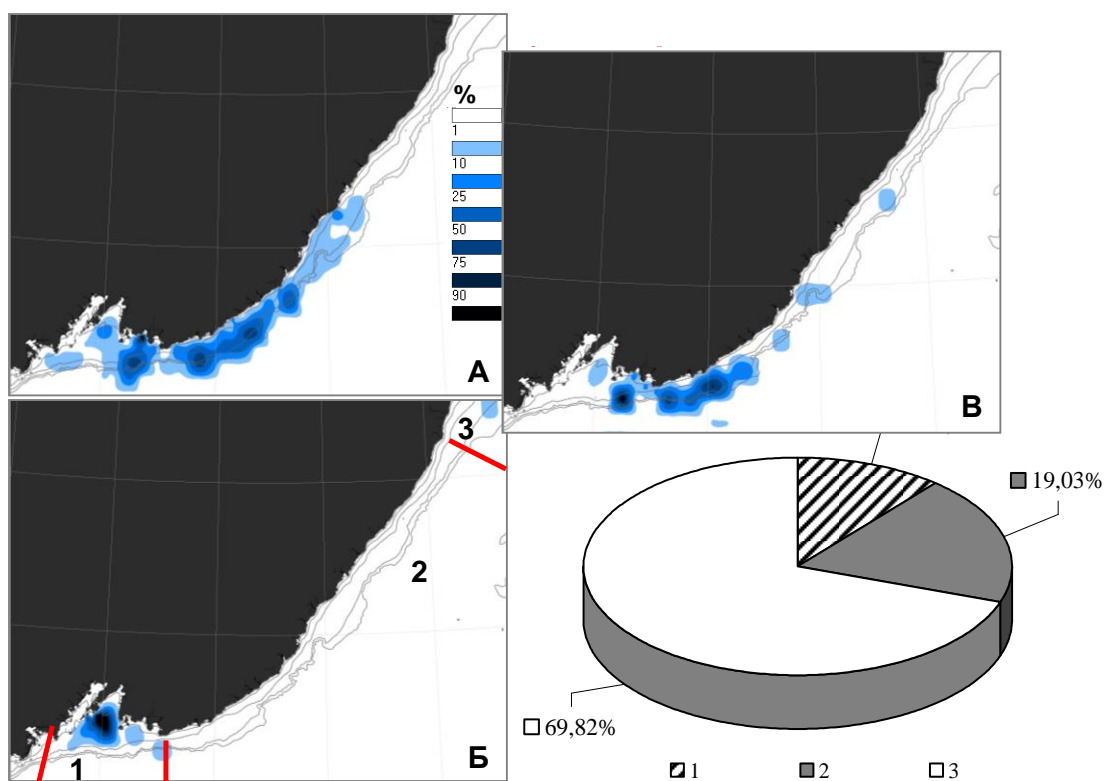


Рис. 138. Распределение промысловых уловов трески в подзоне Приморье в 2011–2020 гг. (А-В) по данным ССД, в % от максимальных значений. А – снюрреводы, Б – донные тралы, В – разноглубинные тралы. Обозначения районов: 1 – зал. Петра Великого, 2 – подзона Приморье – юг (без зал. Петра Великого), 3 – подзона Приморье – север (до Татарского пролива). Среднемноголетний вклад районов (циклограмма) подзоны Приморье в общую учтенную биомассу трески по данным донных траловых съемок (справа)

Таким образом, в ходе промысла трески в подзоне Приморье до 2024 г. эксплуатировались только запасы приморской популяции, среднегодовая доля по биомассе, для которой, по данным донных траловых съёмок, составляла не более 30,2% (рис. 138). Соответственно, все промысловые показатели, являющиеся основой для расчётов запасов продукционными или когортными методами, для трески данного района могут относиться только к приморской группировке.

Аналогичным образом и полученные результаты по оценке промыслового запаса по данным моделирования будут иметь отношение только к треске приморской популяции и должны сопоставляться с данными донных траловых исследований, охватывающих акваторию от зал. Петра Великого до м. Золотой. В соответствии с Приказом № 104: «В случае, если единый ОДУ определяется для многовидового запаса, то оценка запаса, по которой определяется ОДУ, должна определяться для видов, реально эксплуатируемых промыслом». Полагаем, что аналогичный принцип должен быть использован при разработке материалов, обосновывающих ОДУ трески подзоны Приморье: оценка запаса должна осуществляться для реально эксплуатируемой приморской группировки трески.

Данные донных траловых съёмок по северной части подзоны Приморье и Татарскому проливу должны учитываться при разработке обоснования ОДУ трески Западно-Сахалинской подзоны. Впоследствии, часть ОДУ трески данного района может осваиваться в подзоне Приморье, однако, учитывая, что данный район в настоящий момент промыслом практически не охвачен, принципы определения этой доли ОДУ в настоящий момент не разработаны и в рамках настоящего обоснования не рассматриваются.

Исходя из изложенных выше представлений, подготовлены материалы, обосновывающие ОДУ трески подзоны Приморье на 2026 г.

Исходным материалом для разработки биологической части обоснования ОДУ трески подзоны Приморье на 2026 г. послужили биостатистические данные из уловов донными тралами в период научно-исследовательских рейсов на шельфе и материковом склоне северной части Японского моря в 2000–2023 гг., собранные специалистами «ТИНРО».

В 2024 г., в связи с тем, что донные траловые исследования в подзоне Приморье не осуществлялись, для оценки запасов модельными методами были использованы данные по размерно-возрастному составу, собранные из снюрреводных уловов прибрежного промысла на береговых рыбоперерабатывающих предприятиях (общее число массовых промеров – 87 экз.).

Для оценки запаса трески и его состояния модельными методами в обосновании обобщены архивные и современные данные по её годовому вылову с 1979 г. Дополнительно использована информация официальной промысловой статистики по оперативной отчётности предприятий (ООП), судовым суточным донесениям (ССД) и из электронного рыболовного журнала по данным отраслевой системы «Мониторинг» Росрыболовства (ОСМ).

Матрица уловов по возрастам трески рассчитана по её размерному составу из уловов донными тралами и снюрреводами в 1979–2024 гг. В целом использованы данные около 23,9 тыс. массовых промеров.

Возраст рыб определён по отоликам. Возрастной состав за ранний период исследований оценивали с использованием размерно-возрастного ключа, составленного по результатам сборов в период донной траловой съёмки в 2022 г. Поскольку объёмы выборки для определения возраста, были невелики (~820 экз.) для формирования размерно-возрастных ключей использовали данные обратных расчислений длины рыб в зависимости от возраста. Если формирование ключей выполнялось традиционным способом, эквивалентное число определений возраста составило бы ~3,6 тыс. экз. Аналогичную методику уже применяли ранее при оценке запасов желтоперой камбалы, обитающей на восточном и западном шельфе о-ва Сахалин и трески Южных Курил [Золотов, 2024б].

При оценке нерестового запаса долю половозрелых особей по возрастам определяли на основе опубликованных ранее материалов [Вдовин, 2019].

Исходя из предварительного анализа промысловой статистики, выяснено, что распределение уловов трески носит неслучайный характер не только по районам (или широте) в пределах подзоны Приморье, но и по орудиям лова, что должно учитываться при их стандартизации.

В конечном итоге использованы величины уловов, стандартизированных индексов CPUE, а также оценки биомассы B по научным съёмкам по всей подзоне Приморье (2004, 2005, 2007, 2009–2016, 2018 и 2022–2023 гг.).

Несмотря на то, что специализированный промысел трески в подзоне Приморье до сих пор развит довольно слабо, имеющиеся накопленные ряды по статистике годового вылова и динамике уловов на промысловое усилие, размерно-возрастному составу уловов, позволяют использовать для оценки её запаса аналитические модели.

В плане результативности трескового промысла северная часть Японского моря не относится к числу наиболее «уловистых» районов Дальневосточного бассейна. В среднем в 1979–2021 гг. в подзоне Приморье добывали не более 0,9 тыс. т трески в год. В других районах в пределах ИЭЗ СССР/России и в Приморье расцвет промысла трески пришёлся на вторую половину 1980-х и начало 1990-х гг., когда среднегодовые уловы возросли до 1,9 тыс. т. Исторический максимум пришёлся на 1986 г. и составил 5,4 тыс. т.

Период постепенного снижения вылова сменился длительной стагнацией, и в 2001–2015 гг. треску добывали исключительно в качестве прилова при снюрреводном и траловом промысле на уровне, не превышавшем 0,25 тыс. т в год.

Отсутствие интереса к специализированному лову трески сохраняется и в настоящее время, несмотря на очевидные признаки увеличения её промысловых ресурсов в 2017–2022 гг.

Для примера, в 2010–2016 гг. при среднегодовом ОДУ на уровне 1,73 тыс. т, среднегодовые уловы не превышали 0,12 тыс. т, освоение едва достигало 7%. И лишь в 2017 г., по мере постепенного вступления в запас поколений 2013–2014 гг. рождения, промысловые показатели несколько выросли (табл. 20).

Максимум вылова в последнее десятилетие пришёлся на 2021 г. и составил около 1,605 тыс. т, при освоении ОДУ на уровне 35,7%. В целом же годовые уловы увеличились с 0,1 тыс. т в 2014 г. до 1,605 тыс. т в 2021 г. Указанное повышение уловов трески и освоения ОДУ в подзоне Приморье, косвенно свидетельствует о росте её запасов в те несколько лет.

По данным официальной промысловой статистики в 2024 г. из 1071 т трески подзоны Приморье около 800 т было выловлено донными ярусами на границе подзон Приморье и Западно-Сахалинская, на участке вплотную прилегающему к традиционному району ярусного промысла у юго-западного побережья о-ва Сахалин. Этот район достаточно удален от традиционных мест обитания трески приморской популяции [Золотов, 2024a], в связи с чем, предполагаем, что этот вылов должен быть отнесен к западно-сахалинской группировке и не может учитываться при модельных оценках численности

приморской трески в 2024 г. Таким образом, в рамках настоящего обоснования, при формировании матрицы уловов по возрастам, расчет численности выловленных особей по возрастным группам осуществлялся от величины вылова при тралово-снюрреводном прибрежном промысле в южной части подзоны Приморье (242 т).

Таблица 20

ОДУ, официальный вылов и освоение трески в подзоне Приморье в 2011–2024 гг.

Год	ОДУ, т	Общий вылов, т	Освоение, %
2011	650	174	26,8
2012	3160	220	7,0
2013	3130	152	4,9
2014	1400	101	7,2
2015	510	45	8,8
2016	940	168	17,9
2017	1400	360	25,7
2018	1700	370	21,8
2019	2000	413	20,7
2020	4600	1250	27,2
2021	4500	1605	35,7
2022	3000	1050	35,0
2023	1900	1103	58,1
2024	1500	1071 (242*)	71,4 (16,1*)
Среднее:	2171	577	26,6

**Примечание: вылов в 2024 г. – пояснения в тексте*

Что касается пространственной «привязки» тралово-снюрреводного промысла трески в пределах подзоны Приморье, то, как можно видеть (рис. 138), промысловые усилия распределяются крайне неравномерно. В основном траловый и снюрреводный промысел сосредоточен в зал. Петра Великого и на участке шельфа и материкового склона прилегающем к заливу с восточной и северо-восточной стороны примерно до 135° в.д.

По всей видимости, подобное распределение промысловых уловов объясняется отсутствием специализированного промысла трески и слабым развитием береговой рыбоперерабатывающей базы в подзоне Приморье, значительное количество предприятий которой сосредоточено как раз в зал. Петра Великого. Известно, что наиболее продуктивный промысел трески в пределах ИЭЗ Российской Федерации, либо сосредоточен в тех районах, где её запасы позволяют организовать эффективный ярусный лов (Западно-Берингоморская зона), либо там, где широко развита сеть рыбоперерабатывающих предприятий и имеется возможность для её интенсивного специализированного снюрреводного лова (Петропавловско-Командорская подзона), либо там, где эти два фактора работают однонаправленно (Северо- и Южно-Курильская зоны, Карагинская подзона).

В подзоне Приморье же ярусный промысел, ввиду относительно небольших величин запаса, интереса для промышленности не представляет, а

приёмная береговая рыбоперерабатывающая база слабо развита. Указанные обстоятельства, видимо, не позволяют рассчитывать на быстрое развитие специализированного промысла трески и резкое увеличение годовых её уловов в данном районе в ближайшее время.

Предварительная оценка запаса трески производится методами площадей без учёта особенностей распределения наблюдений в географическом пространстве и окружающей среды. Анализ динамики предварительных оценок биомассы трески подзоны Приморье произведён по данным донных траловых съёмок, выполненных в период с 2019 по 2023 гг.

В целом в «ТИНРО» использовались две принципиально разные схемы донных траловых исследований ВБР в северной части Японского моря, в ходе которых учитывалась треска. В первом случае исследования осуществлялись в летний период в зал. Петра Великого. Исследования проводились 23-метровыми травами, и в основном были направлены на оценку запасов рыб прибрежного комплекса. Во втором, были задействованы среднетоннажные суда типа НИС «Профессор Леванидов», а исследованиями старались охватить акваторию всей подзоны Приморье, вплоть до Татарского пролива, при этом использовались 27-метровые донные травы. В последнем случае, в силу различных причин, в межгодовом аспекте случались отступления от стандартной схемы. Поэтому использование оценок общей и промысловой биомассы для ретроспективного анализа динамики запаса без учёта полноты охвата района исследования является некорректным.

Таким образом, вначале выполнен анализ долевого вклада трех районов подзоны Приморье в суммарную учтённую биомассу в многолетнем аспекте. Затем оценена динамика запасов трески в пределах каждого участков южнее и севернее м. Золотой (рис. 139).

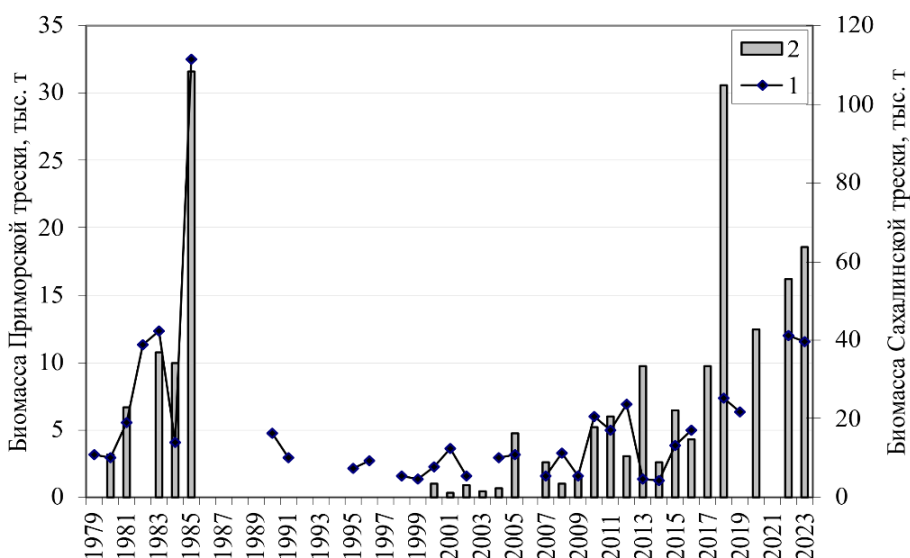


Рис. 139. Динамика общей биомассы трески в северной части Японского моря по данным донных траловых съёмок, тыс. т. 1 — подзона Приморье южнее м. Золотой; 2 — суммарно для подзоны Приморье севернее м. Золотой и Западно-Сахалинской подзоны

Использовались результаты исследований, при которых охват подзоны Приморье траловыми станциями был близок к стандартному. Основной вклад в промысловые ресурсы трески в подзоне Приморье вносит участок, расположенный севернее м. Золотой вплоть до Татарского пролива. В этом районе в основном учитывались особи сахалинской популяции трески, и на его долю в среднем приходилось около 69,8% учтенной биомассы. Южный район подзоны Приморье, располагающийся от зал. Петра Великого до м. Золотой, обеспечивал около 19%, а на участок наиболее интенсивного промысла - зал. Петра Великого приходилось не более 11,2%.

Характер динамики запасов приморской и сахалинской популяций был сходным. Промысловые ресурсы трески оценивались на максимальном уровне в середине 1980-х гг., затем произошло резкое снижение с последующим длительным периодом низкой численности обеих популяций. Рост наметился в начале 2000-х, а в 2018-2022 гг. произошло резкое увеличение ресурсов, превышающее среднемноголетний уровень в 3-4 раза.

Размерно-возрастной состав уловов трески в период проведения донных траловых съемок при формировании матрицы уловов по возрастам представлен на рисунках 140, 141.

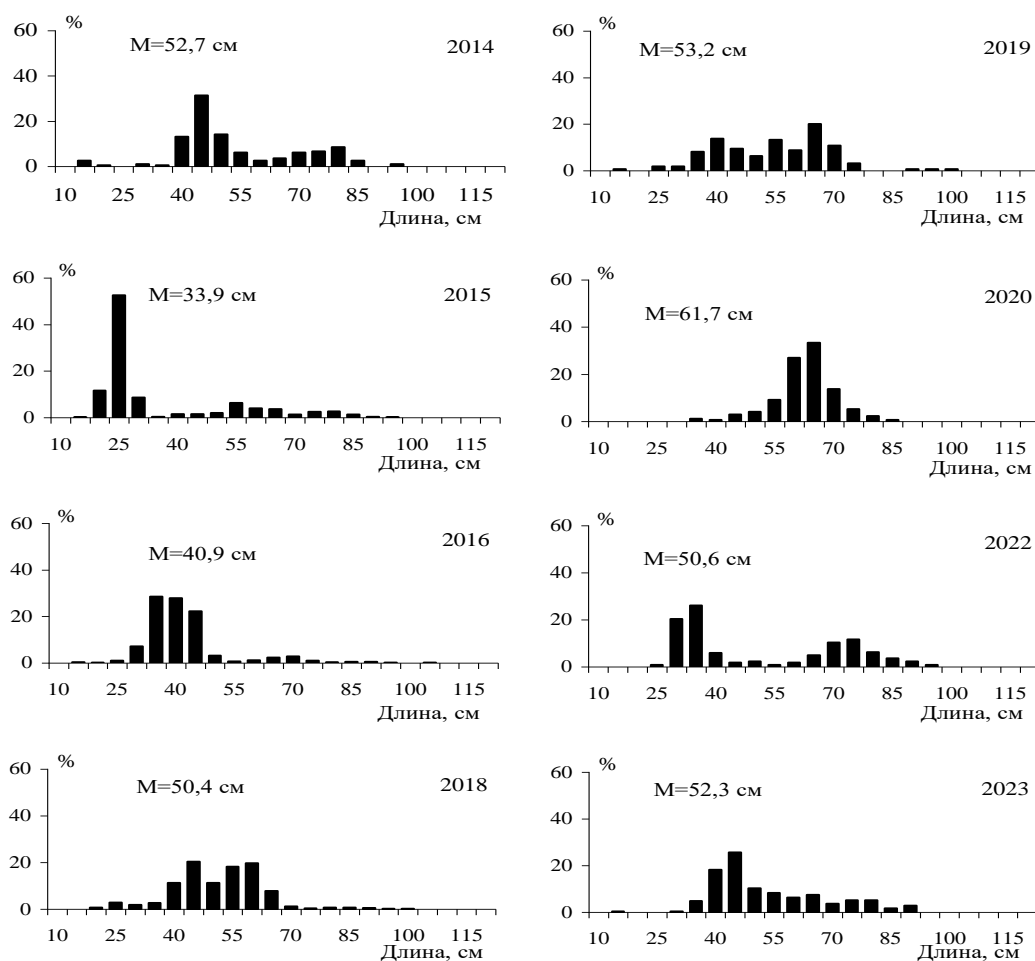


Рис. 140. Размерный состав трески из уловов донным тралом в период проведения траловых съемок в подзоне Приморье в 2014-2023 гг. Указана средняя длина рыб в уловах

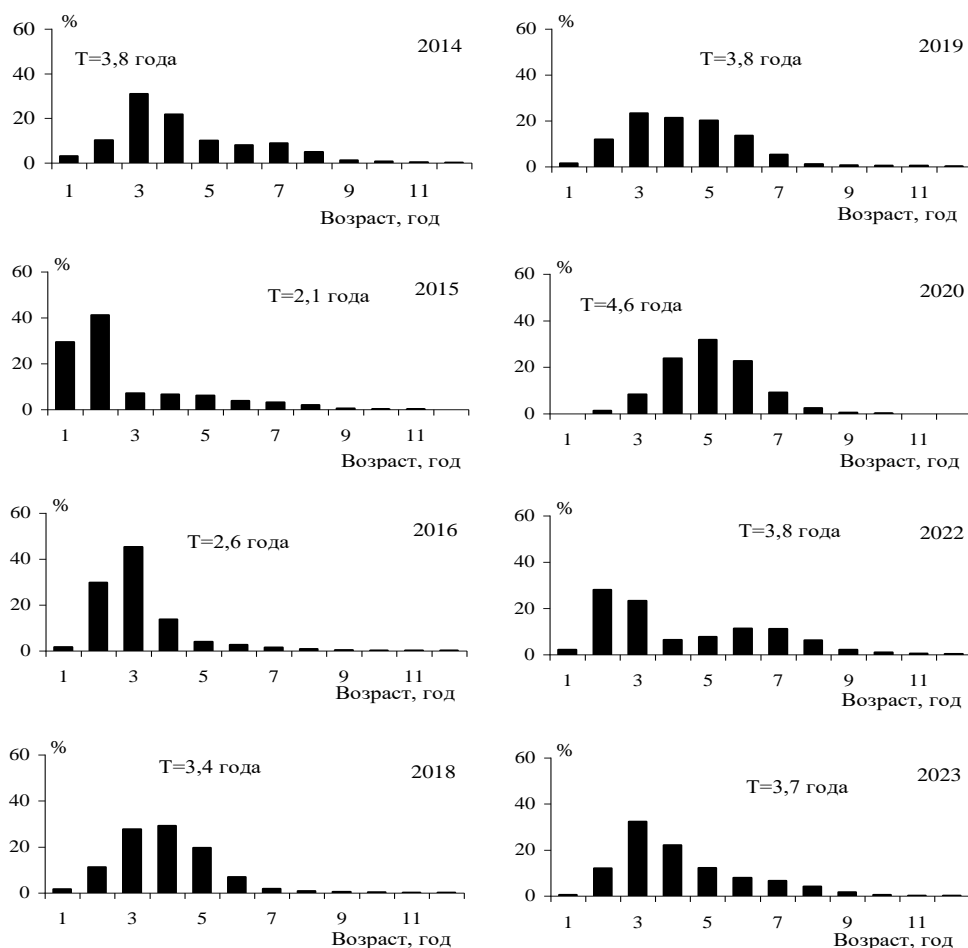


Рис. 141. Возрастной состав трески из уловов донным тралом в период проведения траловых съемок в подзоне Приморье в 2014-2023 гг. Указан средний возраст рыб в уловах (Т)

Как можно видеть, довольно обычным является доминирование в размерно-возрастном составе уловов особей длиной от 55 до 75 см и возрастом 5-7 полных лет, на долю которых в 2012-2013 и 2018-2020 гг. приходилось от 50 до 90% от общей численности уловов.

Исключение составляли 2015-2016 и 2022 гг., когда в уловах тотально преобладали 1-2-х годовики и 2-3-х годовики, соответственно, т.е. особи генераций 2013-2014, и 2019-2020 гг. рождения, на долю которых приходилось около 70-75% от общей численности. По всей видимости, эти поколения отличались повышенной урожайностью.

Ранее в 2022 г. при разработке материалов, обосновывающих ОДУ трески подзоны Приморье на 2023 г., в соответствии с требованиями Приказа № 104, уровень информационного обеспечения данной единицы запаса повышен со II до I-го. В настоящем обосновании, в связи с использованием для оценки запасов когортной модели, уровень остаётся максимальным – I.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Имеющиеся многолетние данные позволяют производить оценку запасов трески Приморья с помощью когортных моделей.

Статистическая когортная модель (СКМ) «Синтез», применяемая к оценке запасов трески в других зонах и рекомендуемая для тресковых рыб [Методические рекомендации..., 2018]. В настоящее время разработчиком «Синтез» подготовлена более совершенная когортная модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана UKS (Unscented Kalman Smoother) [Ильин, 2022], которая в некоторой степени сходна с известной победительницей множества состязаний в международных Комиссиях – статистической когортной моделью SAM [Berg, Nielsen, 2016]. СКМ с UKS учитывает ошибку процесса (модели) и может превосходить «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки. Её настройка выполняется в открытом и свободно распространяемом языке программирования высокого уровня – R [R Core Team, 2025].

Индекс промыслового запаса (CPUE) важен для настройки, но целевого промысла трески почти нет, поэтому CPUE получен в результате стандартизации судовых суточных донесений (ССД) с учётом целевого объекта лова. Такая стандартизация ССД проведена с 1998 по 2024 гг. в GLM по формуле (1) в языке программирования R, следуя методике, учитывающей индивидуальные различия по судам (отдельно, что учитывает их промысловое вооружение) и их цели промысла в дополнение к учёту различий по месяцам [Bentley et al., 2011].

$$\ln(c_i) = \alpha_{y_i}^Y + \alpha_{t_i}^T + \alpha_{m_i}^M + \alpha_{v_i}^V + \varepsilon \quad (1),$$

где: $\ln(c_i)$ – натуральный логарифм i -го улова c_i в тоннах за 1 день по каждому судну, $\alpha_{y_i}^Y$ – коэффициент i -го года (y_i) из вектора соответствующих коэффициентов Y , аналогичны коэффициенты по целевому виду в улове (T), месяцам (M) и кодам судов (V), ε – нормальная ошибка с математическим ожиданием на уровне общего смещения.

Настроенная GLM описала 55% дисперсии, из которых 24% связано с $\alpha_{y_i}^Y$, 10% с $\alpha_{t_i}^T$, 3% с $\alpha_{m_i}^M$ и 18% с $\alpha_{v_i}^V$. Максимальное влияние в модели имели коды судов и целевых видов (рис. 142, 143), а коды месяцев самое низкое, но тоже значимое (рис. 144).

Целевой вид считался таковым, если его масса была больше половины всего улова. В полной выборке было 29 целевых видов лова с приловом трески. Однако 24 объекта встречались в выборке менее 100 раз, поэтому не могли иметь значительного влияния на стандартизацию. Исключение таких редких событий привело к снижению числа стандартизируемых 12873 ССД на 2,1%. Из оставшихся в выборке больше всего ССД с приловом трески было на промысле минтая (5377), а сама треска становилась целью лишь в 821 ССД. Промысел камбал также имеет большое число ССД (2928), терпугов (1696 ССД) и бычков (1062 ССД), в которых была показана ещё и треска. Только у наваги из оставшихся в выборке целевых видов с приловом трески число ССД было ниже (714). Дополнительно пришлось урезать выборку ССД до 1998 г., т.к. с 1994 г. было сохранено мало наблюдений

ССД, что вело к высочайшей ошибке коэффициентов ранних лет в настройки GLM. В итоге, осталось 12506 ССД с 1998 по 2024 гг.

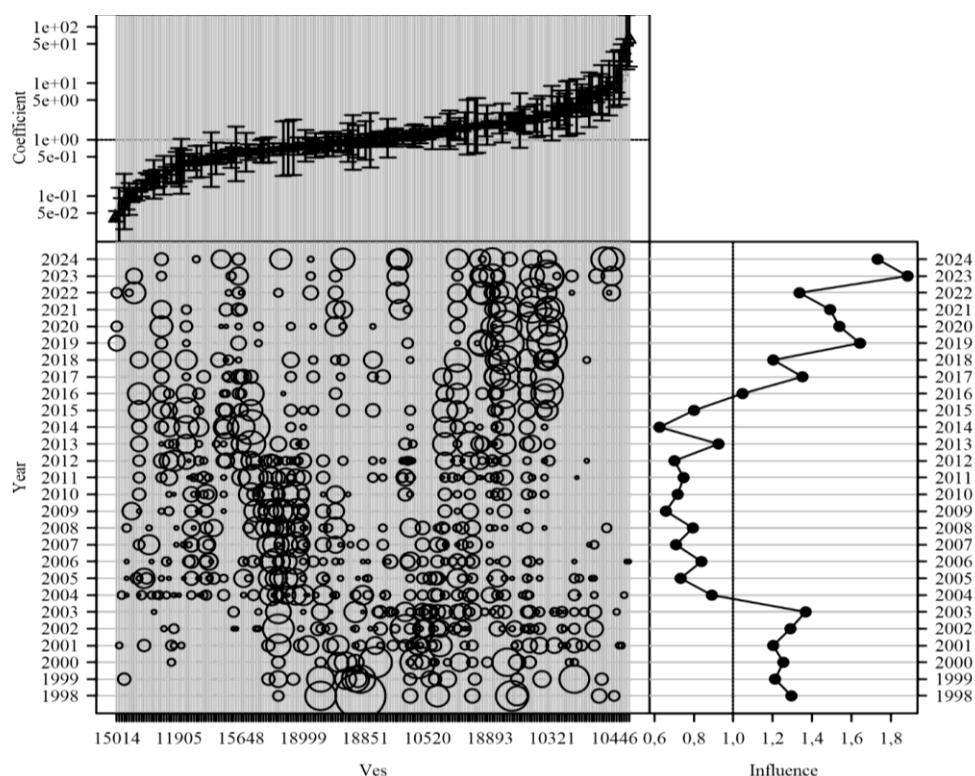


Рис. 142. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) кодов судов (Ves) в GLM по формуле (1)

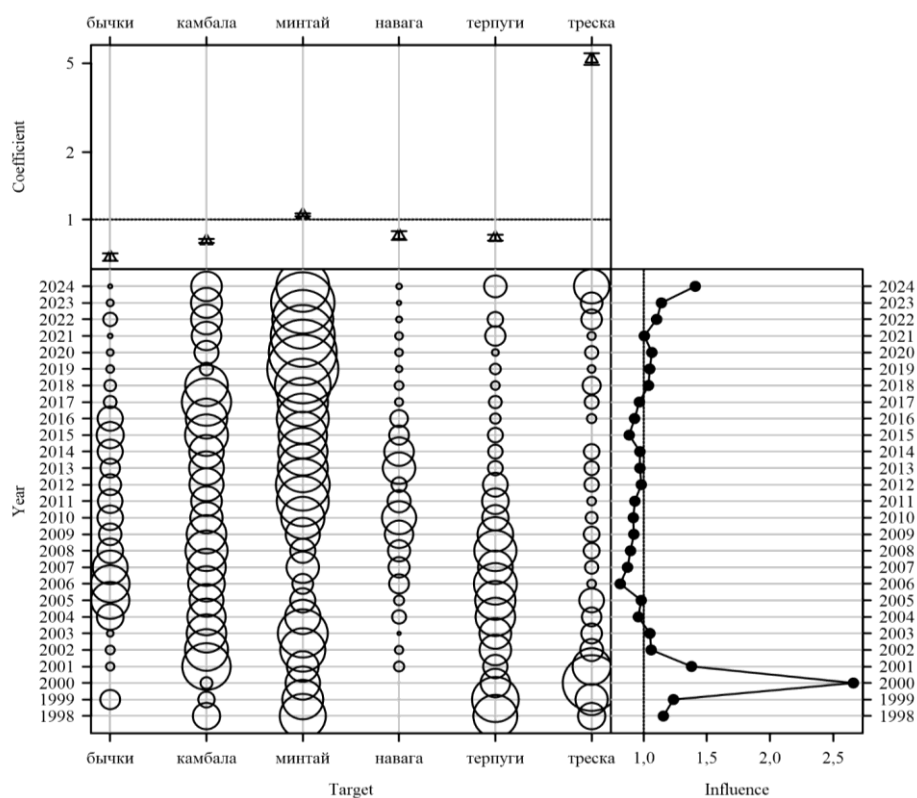


Рис. 143. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) кодов целевых видов (Target) по годам (Year) в GLM по формуле (1)

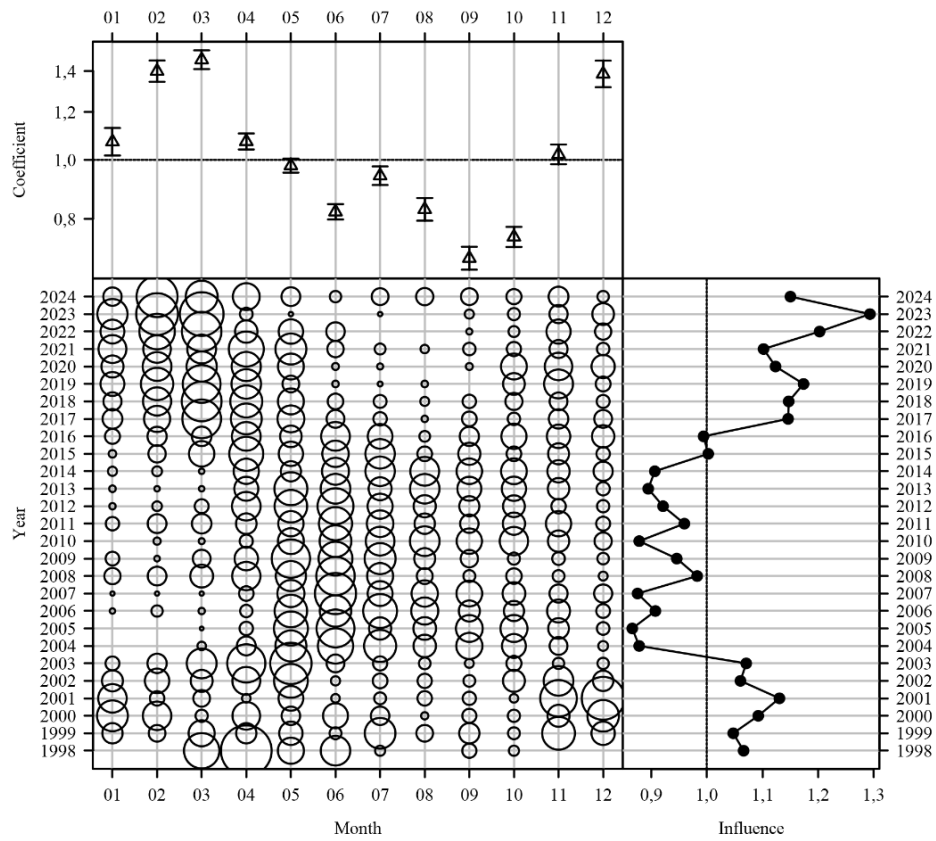


Рис. 144. Влияние (Influence) [Bentley et al., 2011] коэффициентов (Coefficient) месяцев (Month) в GLM по формуле (1), где число показывает порядковый номер месяца в году (Year)

Ошибка коэффициентов лет с учётом ошибки общего смещения находилась в интервале от 1,14 до 1,17, что практически малоинформативно, поэтому следом была произведена коррекция оценок в модели REMA [Sullivan et al., 2022; Sullivan, Balstad, 2022]. В результате аномальный провал стандартизированного CPUE в год максимальной общей биомассы трески (2022) был сглажен (рис. 145, 146).

Модель REMA описывается по формулам (2–3) для индекса CPUE — I_t и формулам (4–6) для биомассы из научной съёмки — B_t :

$$\text{Ln}(\hat{I}_t) = \text{Ln}(\hat{I}_t) + \epsilon_t, \text{ where } \epsilon_t \sim N(0, \sigma_{\text{Ln}(\hat{I}_t)}^2) \quad (2),$$

$$\hat{I}_t = q \times e^{\hat{B}_t} \quad (3),$$

$$\text{Ln}(\hat{B}_t) = \text{Ln}(\hat{B}_t) + \epsilon_B, \text{ where } \epsilon_B \sim N(0, \sigma_{\text{Ln}(\hat{B}_t)}^2) \quad (4),$$

$$\text{Ln}(\hat{B}_t) = \text{Ln}(\hat{B}_{t-1}) + \eta_{t-1}, \text{ where } \eta_t \sim N(0, \sigma_{PE}^2) \quad (5),$$

$$\sigma_{\text{Ln}(\hat{B}_t)} = \sqrt{\text{Ln}\left(\left(\frac{\sigma_{B_t}}{\hat{B}_t}\right)^2 + 1\right)} \quad (6),$$

где \hat{I}_t — сглаженный индекс CPUE, q — масштабный коэффициент, $\sigma_{\text{Ln}(\hat{B}_t)}$ — стандартное отклонение, приближаемое к коэффициенту вариации биомассы

из научной съёмки σ_{B_t}/B_t , который здесь задан равным 0,5; $Ln(\hat{B}_t)$ – латентная переменная состояния биомассы в виде серии случайных эффектов для уравнения наблюдения (4) со стартовым значением для случайного блуждания, σ_{PE}^2 – дисперсия ошибки процесса, оцениваемая в модели REMA; $\sigma_{Ln(I_t)}^2$ – дисперсия соответствующая найденной для коэффициента каждого года в GLM.

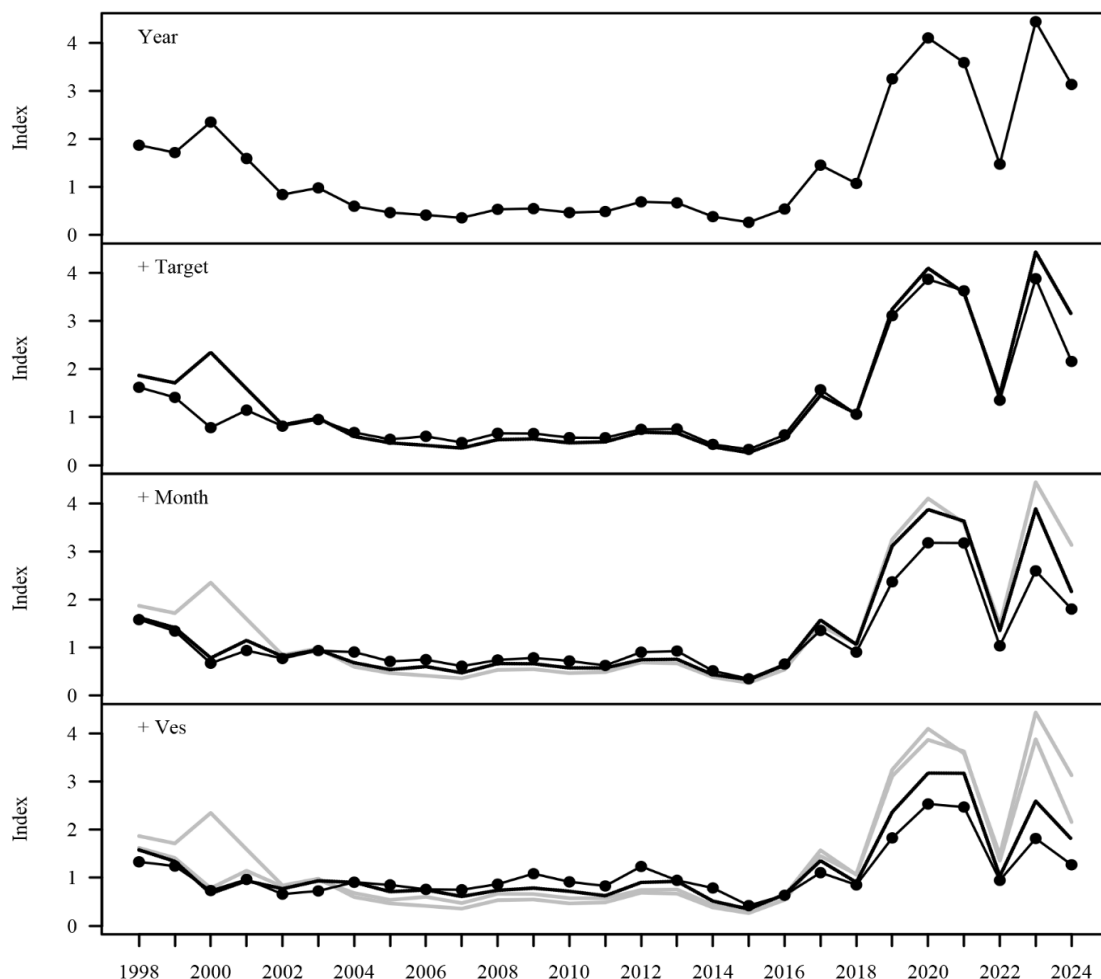


Рис. 145. Стандартизированный в GLM по формуле (1) индекс (Index) CPUE по годам (Year) при добавлении факторов стандартизации целевого вида (Target), Месяца (Month) и кода судна (Ves)

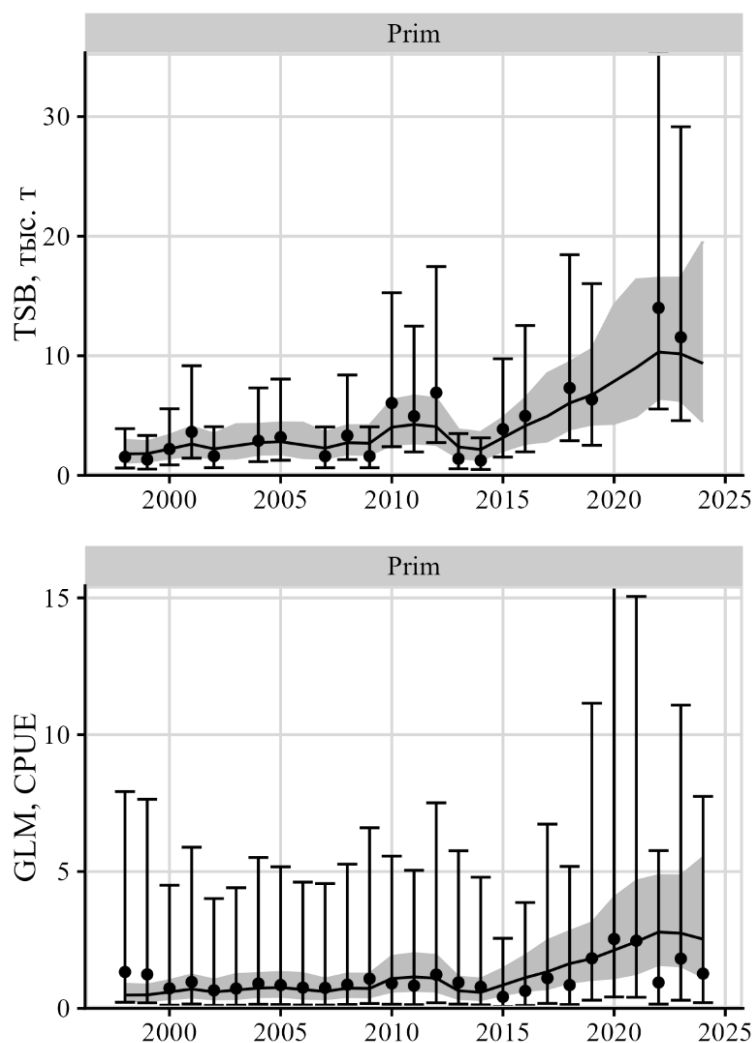


Рис. 146. Заданные оценки TSB и стандартизированного в GLM по формуле (1) индекса CPUE показаны точками с 95% доверительными интервалами (C.I.), показанными усами, а результаты из модели REMA, показанны чёрной кривой в масштабе индекса по формуле (3) и в собственном после экспоненцирования формулы (5), чьи C.I. показаны серой заливкой

Стоит напомнить, что $\sigma_{Ln(I_t)}^2$ найдена в GLM от 1,14 до 1,17. Следовательно, оценки биомасс по съёмкам были более чем в 2 раза информативнее в настройке REMA.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Приказ № 104 требует проводить ретроспективный анализ — это применение модели с последовательным укорачиванием рядов входных данных, начиная с терминального года, как доказательство устойчивости полученных оценок при использовании математических моделей динамики численности. Сравнение производится относительно настройки с полным набором данных.

Ретроспективный анализ оценок нерестовой биомассы (SSB) в СКМ с UKS за 5 лет показывает хорошую сходимость SSB, выражаемую через показатель Мона $\rho = -0,022$ (рис. 147). По данным до 2023 г. в модели

«Синтез» наблюдалась такая же ретроспективная устойчивость за 8 лет ($\rho = -0,021$), но масштаб был иным, а также были противоположными тенденции до 1980 г. и после 2020 г. (рис. 148).

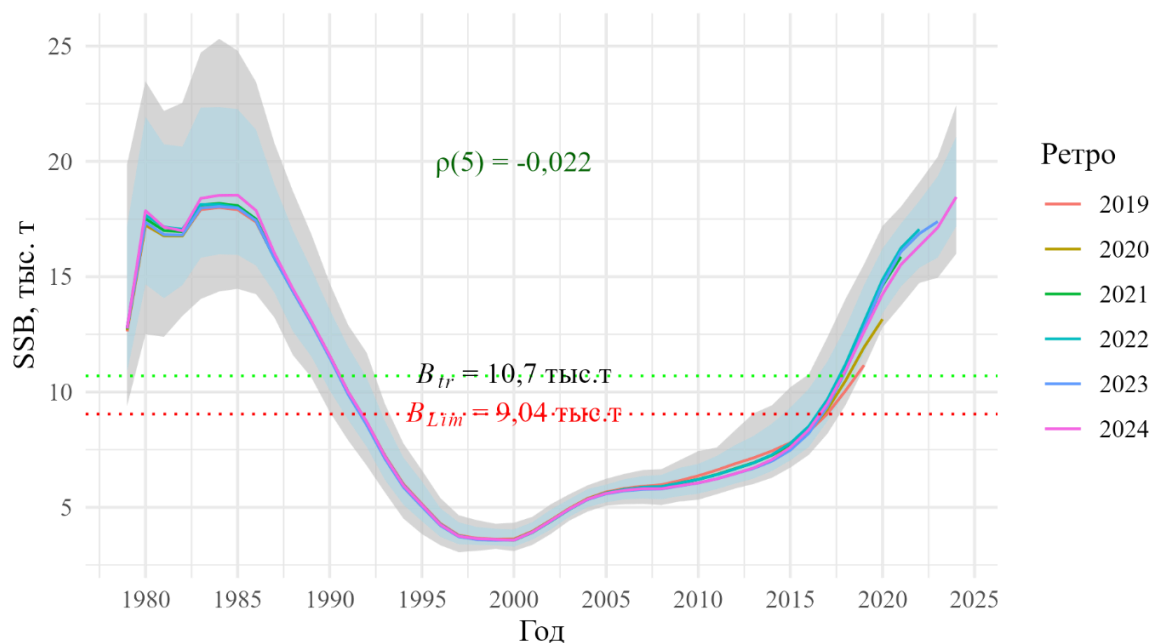


Рис. 147. Ретроспективные оценки нерестовой биомассы (SSB) трески в подзоне Приморье в СКМ с UKS

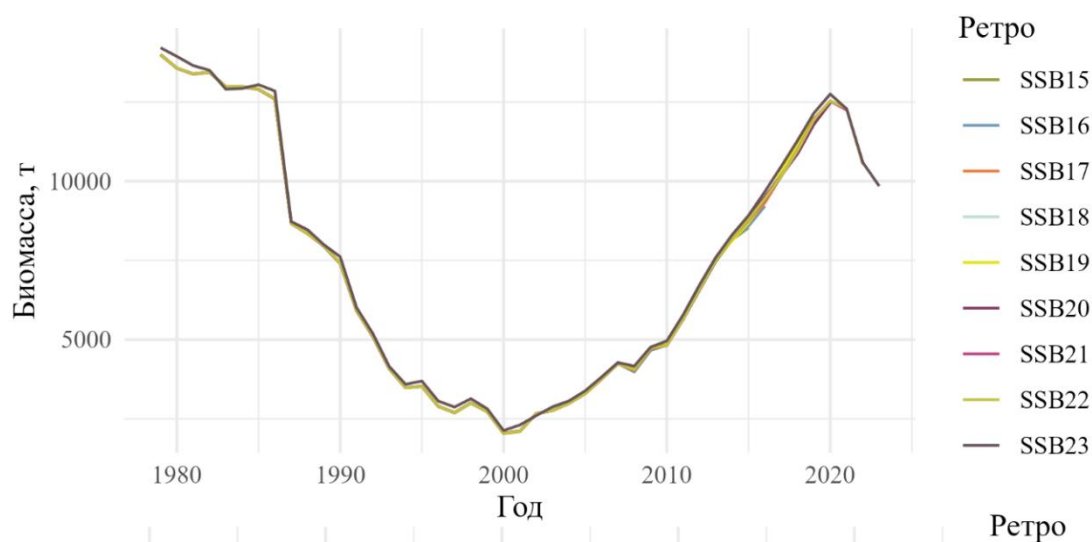


Рис. 148. Ретроспективные оценки SSB трески в подзоне Приморье в СКМ «Синтез»

По промысловой смертности (F) ретроспективные смещения СКМ с UKS также находилась в допустимых пределах ρ от $-0,15$ до $0,2$, составив $0,173$ (рис. 149). СКМ «Синтез» до 2023 г. имел отрицательное смещение ($\rho = -0,041$) на срезах в прошлом до 8 лет и более размашистые изменения с более высоким уровнем F (рис. 150).

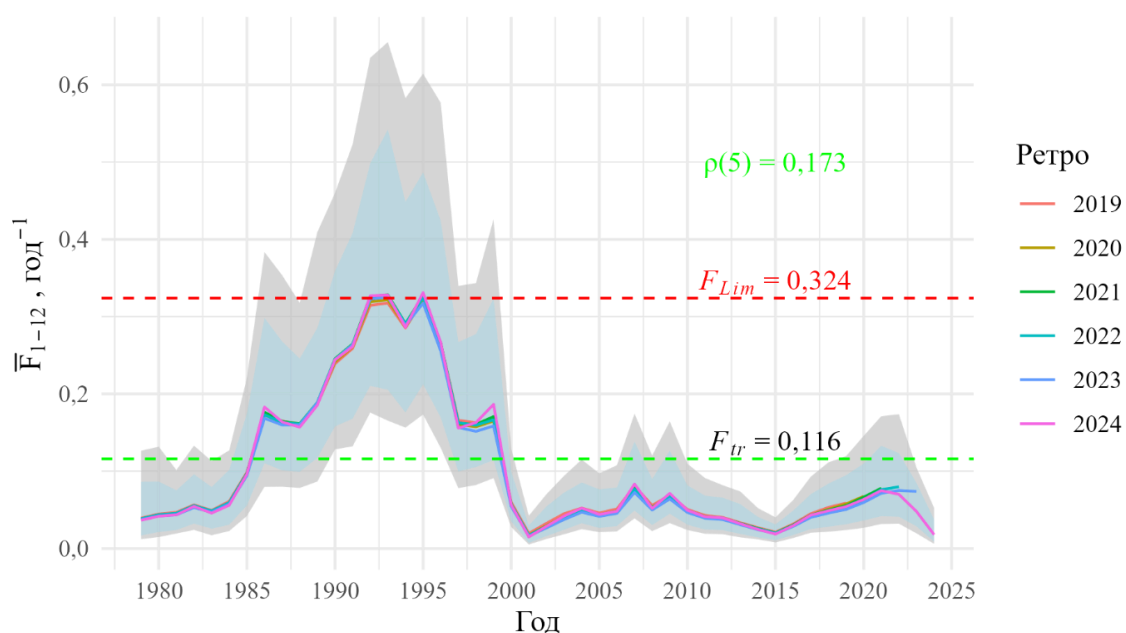


Рис. 149. Ретроспективные оценки SSB трески в подзоне Приморье в СКМ с UKS

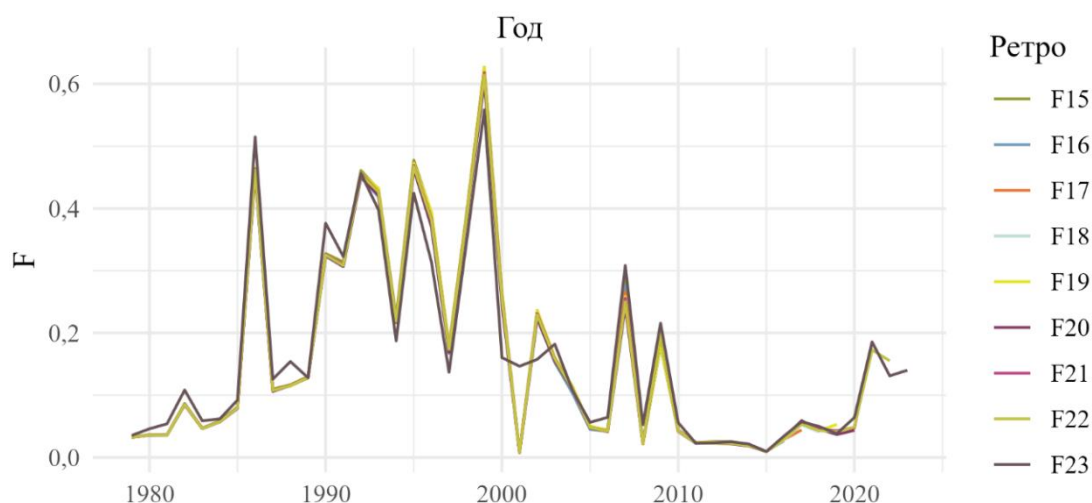


Рис. 150. Ретроспективные оценки SSB трески в подзоне Приморье в СКМ «Синтез»

Определение биологических ориентиров

Прежняя СКМ «Синтез» и новая СКМ с UKS проходят проверку ретроспективного анализа, но в разных масштабах. При этом новая СКМ с UKS имеет в разы меньше параметров (19), чем СКМ «Синтез» (119 по данным до 2023 г.), при сравнимых ошибках. Таким образом, отказ от дальнейшего использования СКМ «Синтез» обоснован по информационным критериям, но в связи со сменой СКМ требуется пересмотр ориентиров из-за изменения масштабов SSB и F , которые в СКМ с UKS оптимизированы, а не заданы $q=1$.

Сначала биологические ориентиры в СКМ с UKS найдены по равновесным кривым при средней за последние 10 лет величине пополнения (рис. 151), а затем они установлены в результате 500 статистических испытаний методом Монте-Карло (табл. 21).

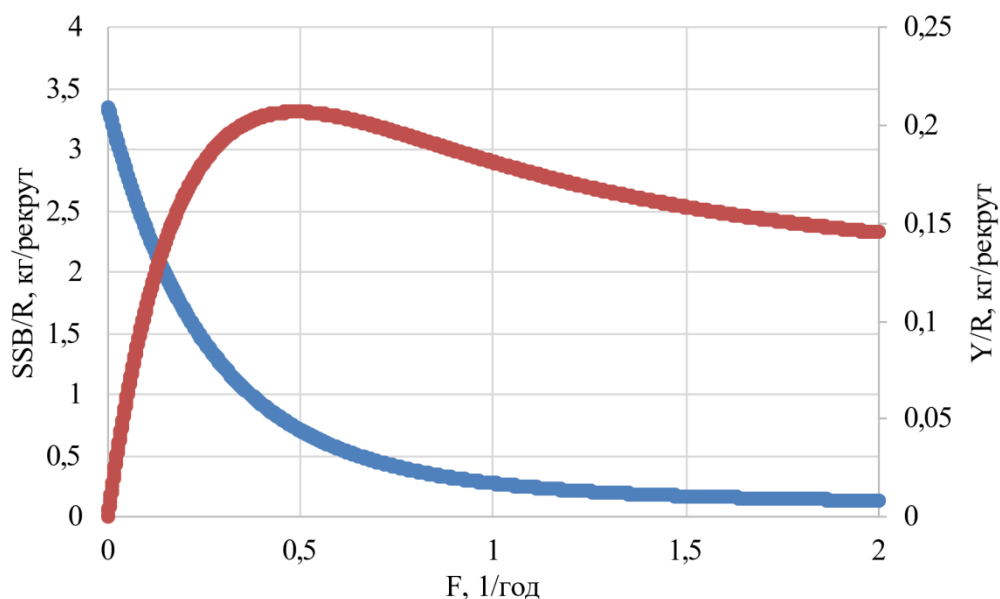


Рис. 151. Равновесные кривые SSB и улова (Y) на рекрута (R) в СКМ с UKS

Таблица 21

Статистические характеристики оценок основных биологических ориентиров для трески в подзоне Приморье со средним пополнением с 2015 по 2024 гг.

	2,5%	5%	25%	50%	75%	95%	97,5%	Среднее	SE
F_{MSY} (Рикер), 1/год	0,084	0,089	0,105	0,116	0,128	0,149	0,157	0,118	0,018
F_{msy} (Бивертон-Холт), 1/год	0,075	0,083	0,101	0,121	0,149	0,261	0,545	0,191	0,291
$F_{40\%}$, 1/год	0,242	0,246	0,261	0,269	0,278	0,296	0,301	0,270	0,014
$F_{35\%}$, 1/год	0,282	0,287	0,304	0,313	0,324	0,342	0,348	0,314	0,016
$F_{0,1}$, 1/год	0,272	0,280	0,308	0,324	0,341	0,369	0,377	0,324	0,026
F_{med} , 1/год	0,072	0,078	0,105	0,124	0,143	0,165	0,174	0,123	0,027
B_{loss} , тыс. т	2,927	3,022	3,300	3,459	3,586	3,812	3,870	3,425	0,231
$SSB_{20, Bvir}$, тыс. т	4,297	4,440	4,850	5,210	5,640	6,293	6,594	5,332	0,594
$SSB_{25, Bvir}$, тыс. т	5,375	5,544	6,061	6,511	7,048	7,860	8,244	6,663	0,741
$SSB(F_{MSY}(Рикер))$, тыс. т	7,298	7,777	9,248	10,658	12,885	20,919	28,630	13,916	12,065
$SSB(F_{MSY}(Бивертон-Холт))$	2,889	3,571	5,966	7,515	9,710	17,291	21,363	9,758	7,887
$SSB(F_{med})$, тыс. т	14,009	14,315	15,645	16,883	18,122	20,262	20,876	17,159	1,826

Ориентир по эксплуатации $F_0 = 0$. Граничный ориентир F_{Lim} выбран на уровне медианы $F_{0,1} = F_{Lim} = 0,324 \text{ год}^{-1}$.

Граничный ориентир по нерестовой биомассе используется для оценки риска перелова по пополнению. Он установлен на уровне $SSB(F_{Lim}) = B_{Lim} = 9,04 \text{ тыс. т}$ при среднем пополнении за последние 10 лет около 7,9 млн рыб.

Целевой ориентир управления для получения максимального устойчивого вылова (MSY) по промысловой смертности найден по Рикеру по медиане: $F_{tr} = F_{MSY} = 0,116 \text{ год}^{-1}$, а соответствующий ему ориентир по нерестовой биомассе $B_{tr} = SSB(F_{MSY}) = 10,658 \approx 10,7 \text{ тыс. т}$.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], правило регулирования промысла (ППП) определяется с

определённой целью. Здесь цель — эксплуатация запаса на уровне максимальной устойчивой продуктивности.

В связи с получением новых данных (по возрастному составу и индексам) и смены модели на более точную (СКМ с UKS) ПРП пересмотрено.

Предлагаем кусочно-линейное ПРП по найденным медианам ориентиров, которые считаются более устойчивыми к шуму, чем средние.

Аналитическая форма кусочно-линейного ПРП выражается по зонам состояния запаса согласно следующим формулам [Методические рекомендации..., 2018]:

I – $F_{reci} = 0$, при $B_i < B_{Lim}$,

II – $F_{reci} = (F_{tr} - F_0)(F_i - F_{Lim}) / (F_{tr} - B_{Lim}) + F_0$, при $B_{Lim} < B_i < B_{tr}$,

III – $F_{reci} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$,

где: F_i – рекомендуемая в прогнозный год величина F ; B_i – величина SSB в прогнозный год, тыс. т; B_{Lim} – граничный ориентир по биомассе, тыс. т; F_{tr} – целевой ориентир по F ; F_0 – рекомендуемая F для проведения научных исследований; B_{tr} – целевой ориентир по биомассе, тыс. т. Вариант реализации такого ПРП показан ниже (рис. 152).

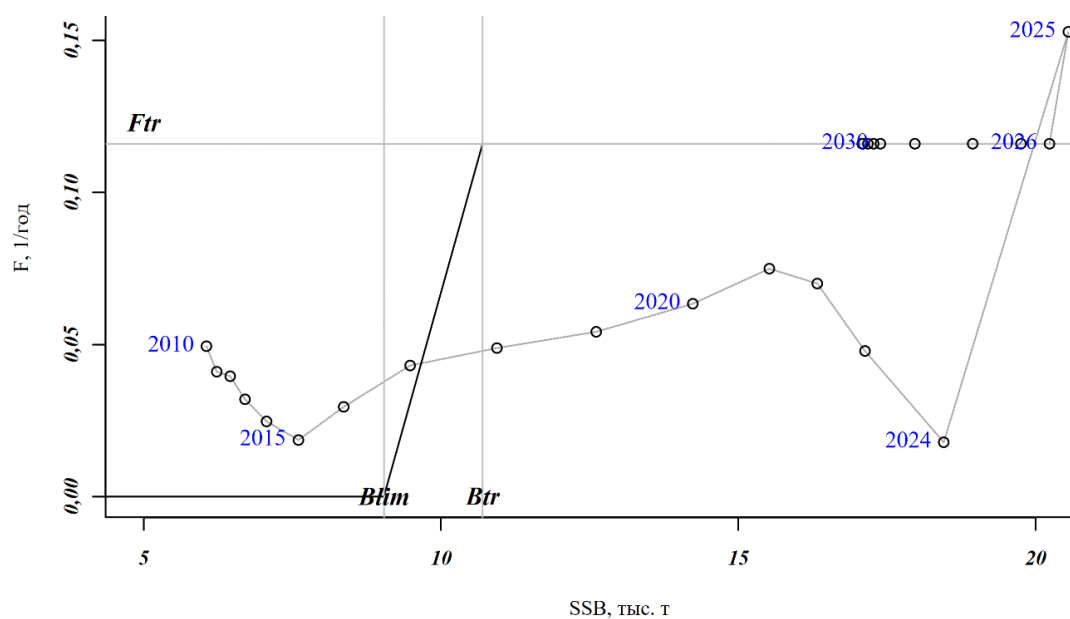


Рис. 152. Реализация ПРП СКМ с UKS при ОДУ по 1,5 тыс. т в 2025 г., а далее по ПРП

Прогнозирование состояния запаса

В СКМ с UKS прогнозирование динамики SSB, от которой и определяется F_{rec} , зависит от пополнения. Допустим, что пополнение будет на уровне средней за последние 10 лет величине около 7,9 млн рыб. Тогда исполнение разработанного ПРП может привести к следующему вероятному распределению SSB (рис. 153). Очевидно, что прогнозируется снижение SSB до целевого уровня B_{tr} при этом более 97,5 % вероятного распределения SSB будет выше целевого уровня B_{tr} . Конечно, при более низком пополнении вероятны более пессимистичные прогнозы, но следуя рекомендациям

ФГБНУ «ВНИРО»: «В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимается средняя за последние 5–10 лет оценка численности пополнения» [Методические рекомендации..., 2018], берём его за 10 лет, куда входят как высокие, так и низкие уровни пополнения (рис. 154).

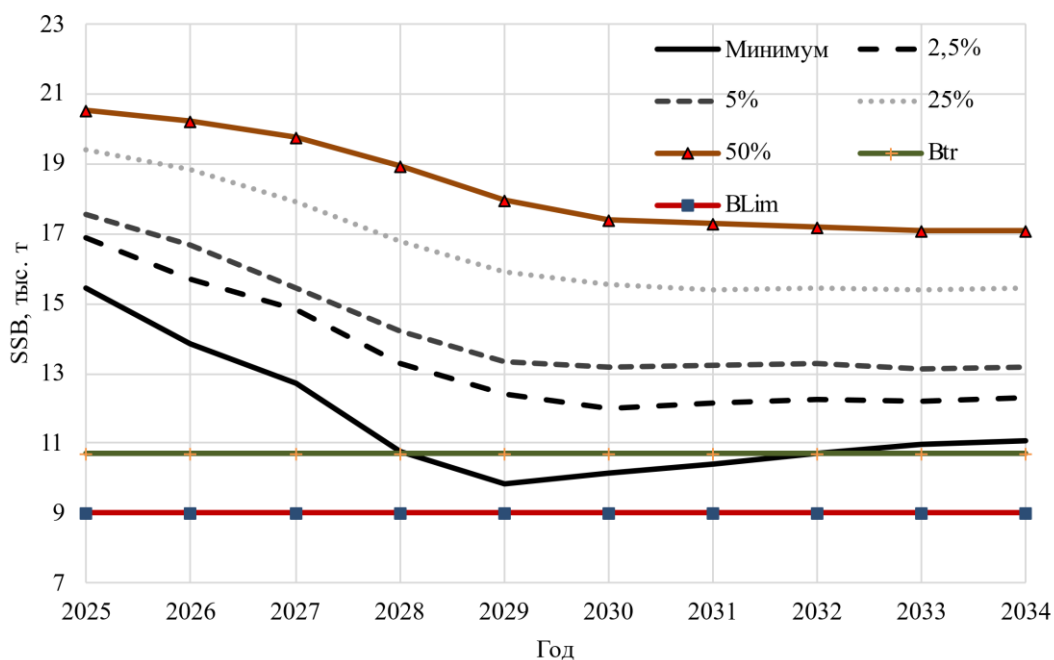


Рис. 153. Перцентили вероятного распределения SSB приморской трески при среднем пополнении годовиками в 7,9 млн рыб

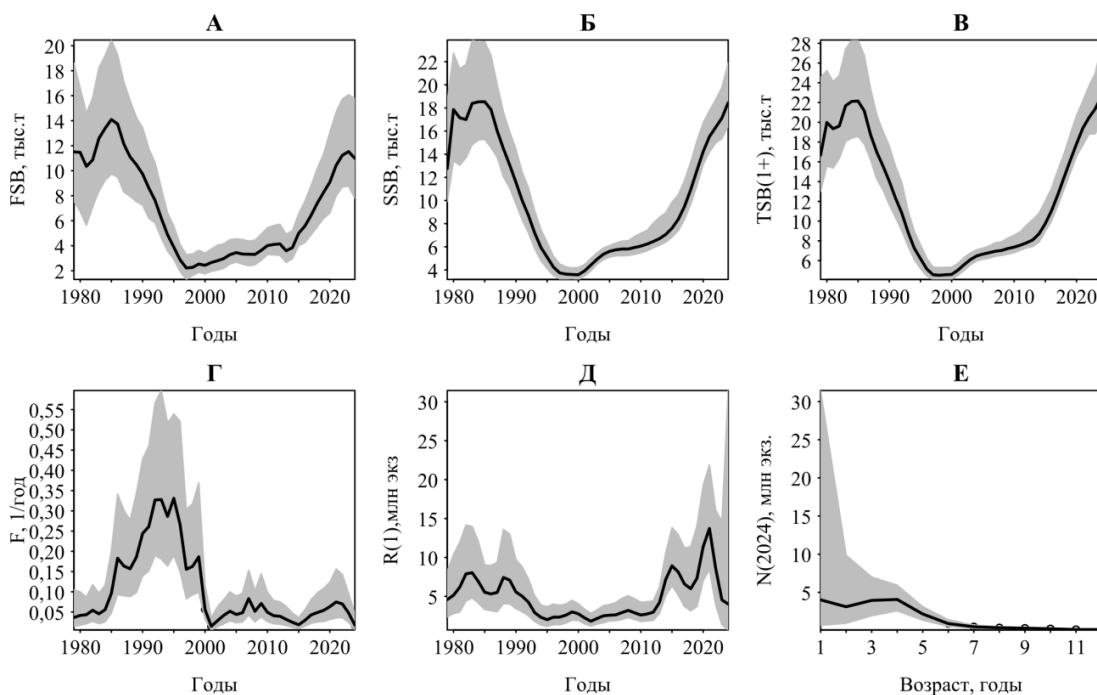


Рис. 154. Результат оценки динамика биомассы промыслового (А), нерестового (Б) и общего запасов, а также промысловой смертности (Г), пополнения (Д) и терминальной численности по возрастам (Е) приморской трески в СКМ в пространстве состояний с UKS (серым цветом выделены 90% доверительные границы)

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Разработанное ПРП показывает, что запас в 2026 г. будет находиться в режиме рекомендации к постоянной интенсивности промысла. Это позволяет рекомендовать его эксплуатацию на целевом уровне, но анализ рисков показывает, что никаких переловов с вероятностью выше 90% не случится в 2026-2027 гг., если ОДУ в 1,5 тыс. т будет освоен на 100%, а в 2026 г. будет выловлено около 2 тыс. т (рис. 155).

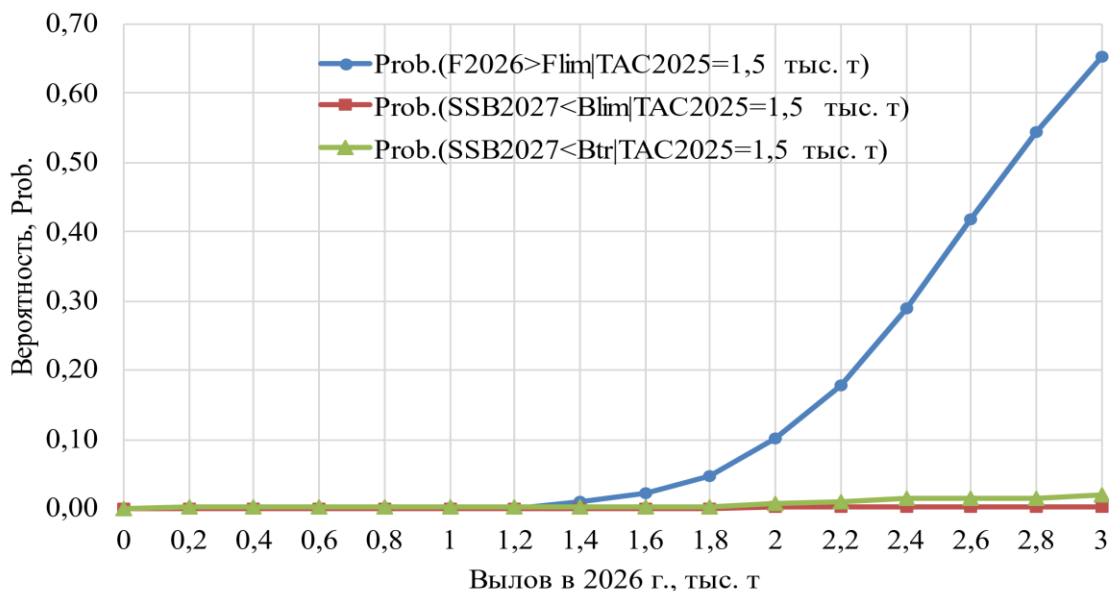


Рис. 155. Оценка вероятностей переловов в 2026–2027 гг. при различном вылове приморской трески в 2026 г. и полном освоении ОДУ = 1,5 тыс. т в 2025 г.

Однако выбранное ПРП позволит сохранить запас в безопасной зоне эксплуатации, а следование ему в имитационном моделировании показывает стабильно распределения вероятного ОДУ по годам по медиане около 1 тыс. т (табл. 22). Стабильность ОДУ является одной из целей управления промыслом, поэтому считаем, что сохранение запаса и стабилизация ОДУ могут быть достигнуты следованием выбранному ПРП.

Таблица 22

Статистические характеристики оценок ОДУ, тыс. т для трески в подзоне Приморье со средним пополнением с 2015 по 2024 гг.

Год	Минимум	2,50%	5%	25%	50%	75%	95%	97,50%	Максимум	Среднее	SE
2025	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00
2026	0,45	0,62	0,68	0,88	1,02	1,24	1,75	2,10	2,81	1,10	0,34
2027	0,45	0,58	0,64	0,82	0,96	1,18	1,75	2,19	3,04	1,05	0,38
2028	0,47	0,58	0,63	0,79	0,92	1,13	1,70	2,16	3,24	1,01	0,37
2029	0,44	0,59	0,65	0,79	0,91	1,11	1,57	2,01	3,13	0,99	0,33
2030	0,53	0,62	0,65	0,80	0,92	1,09	1,47	1,85	2,94	0,98	0,29
2031	0,56	0,65	0,67	0,80	0,92	1,08	1,41	1,70	2,69	0,98	0,26
2032	0,57	0,66	0,70	0,81	0,93	1,08	1,39	1,62	2,48	0,97	0,24
2033	0,57	0,66	0,70	0,82	0,94	1,07	1,36	1,53	2,41	0,97	0,22
2034	0,57	0,66	0,71	0,82	0,94	1,07	1,34	1,53	2,44	0,97	0,22

Анализ рисков переловов в ближайшие 10 лет показывает, что выбранный целевой ориентир по смертности $F_{lr} = 0,116 \text{ год}^{-1}$ является крайне предосторожным (рис. 156).

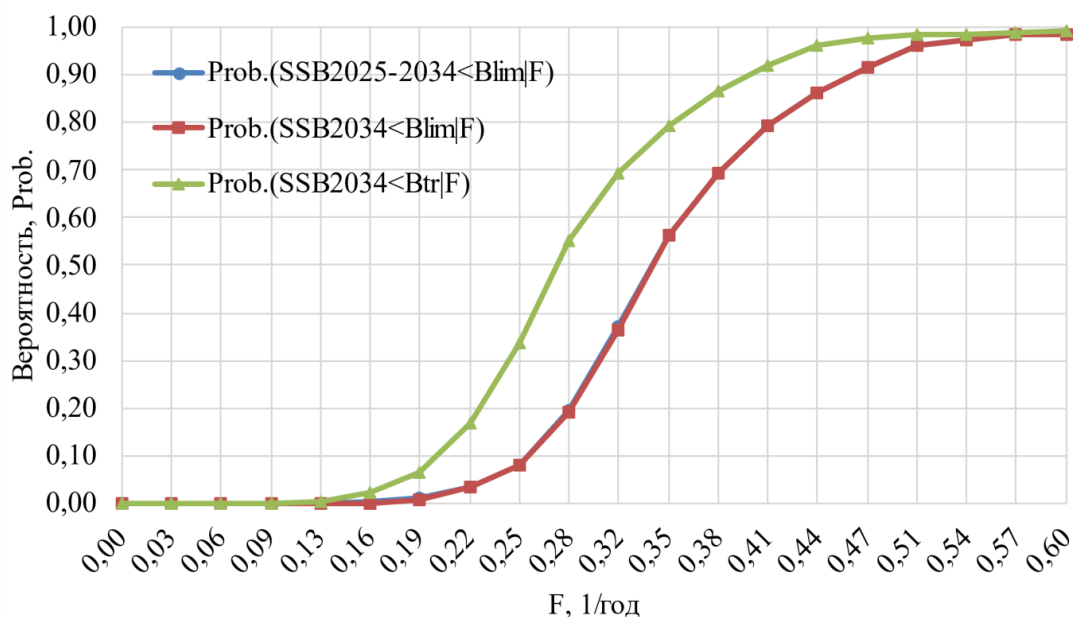


Рис. 156. Оценка вероятностей переловов до 2034 г. при различном уровне F

Исходя из изложенного, предлагается установить ОДУ трески подзоны Приморье на 2026 г. равным 1,02 тыс. т, что соответствует цели сохранения состояния запаса на безопасном уровне устойчивых уловов, оценённым по результатам когортного моделирования.

Анализ и диагностика полученных результатов

Расчёт ОДУ выполнен с учётом неопределённости, заданной для биомасс по научным съёмкам с коэффициентом вариации 0,5, а также рассчитанной для индекса численности в оптимальной GLM после их взаимного учёта в REMA. Для сохранения преемственности в качестве одного из настроечных индексов использована SSB из предыдущей оценки в СКМ «Синтез», но они оказались значительно отличными от SSB в терминальной настройке СКМ с UKS (рис. 157).

В сравнении со всеми предыдущими материалами ОДУ трески Приморья в этом получена самая гладкая кривая селективности (рис. 158). Это может быть гораздо ближе к реальности, чем резко меняющаяся селективность, находямая ранее в аналогичной СКМ «SAM» (рис. 159).

В матрице вылова снова обнаружены огромные ошибки (рис. 160, 161). Они значимо ($p < 0,001$) неслучайно разбросаны в пространстве времени по годам, но теперь индекс Морана стал ниже $I = 0,03$, чем был в СКМ «Синтез» ($I = 0,05$).

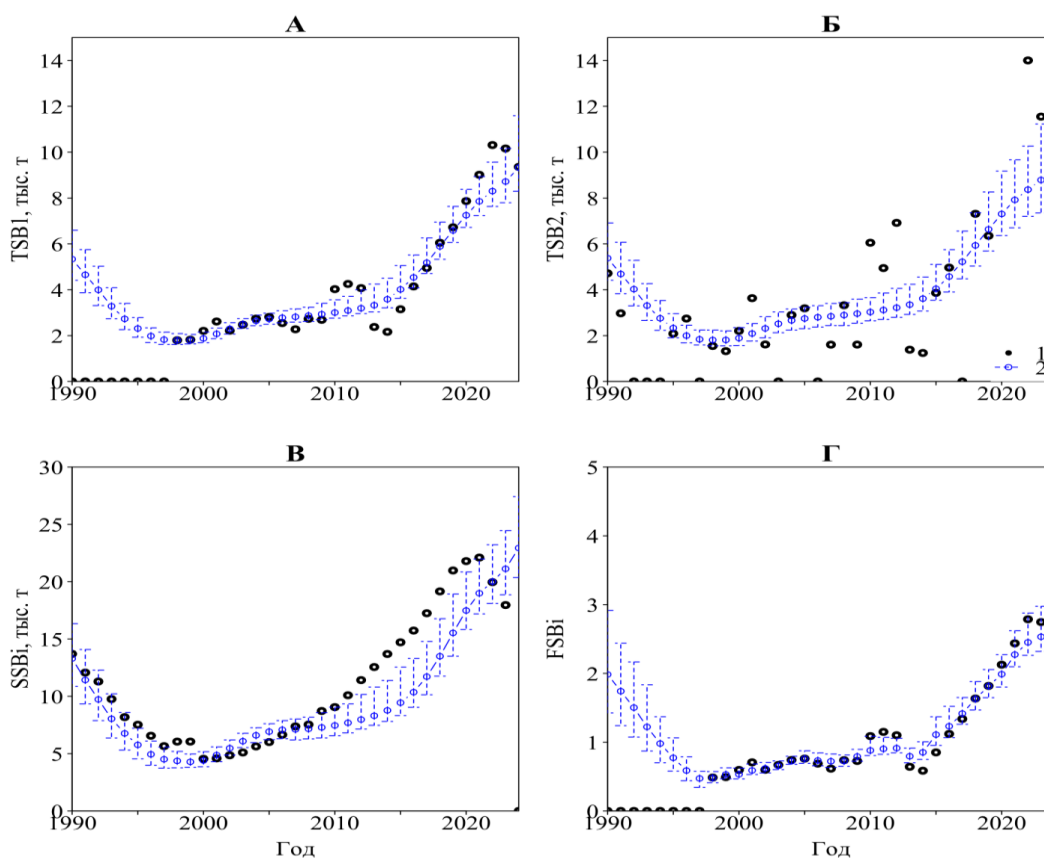


Рис. 157. Результаты оценки запасов трески в СКМ в пространстве состояний с UKS (синие кривые с усами, показывающими 90% С.І.) динамики биомассы общего запаса в сравнении с входным индексом из REMA (А), общего запаса в сравнении с входными оценками по научным ДТ съёмкам (Б), нерестового запаса в сравнении с таковым из предыдущей оценки в СКМ «Синтез» (В), а также промыслового запаса в сравнении со сглаженным в REMA стандартизированным в GLM индексом CPUE (Г)

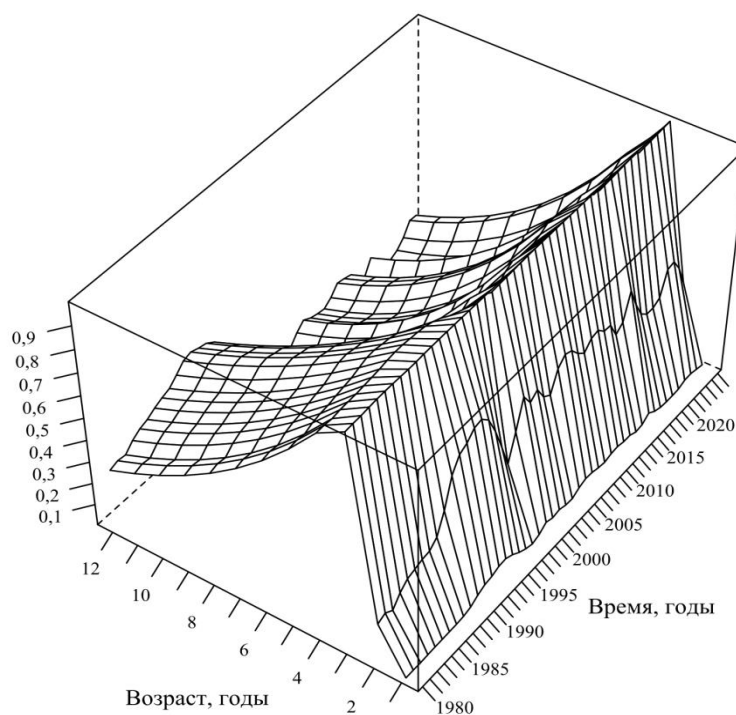


Рис. 158. Динамика коэффициентов селективности в СКМ с UKS

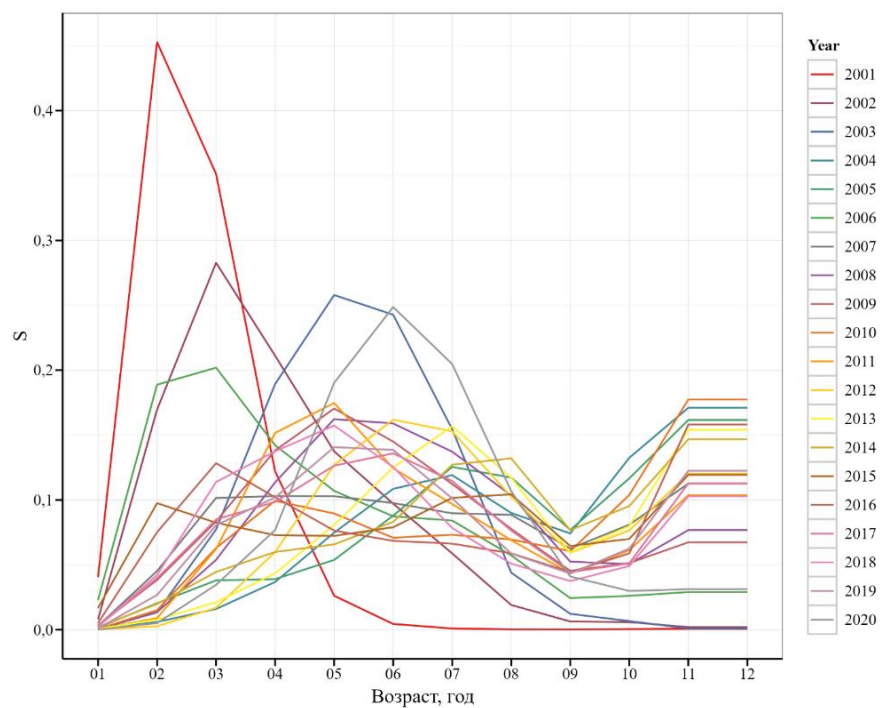


Рис. 159. Оценки селективности в СКМ «SAM» по годам

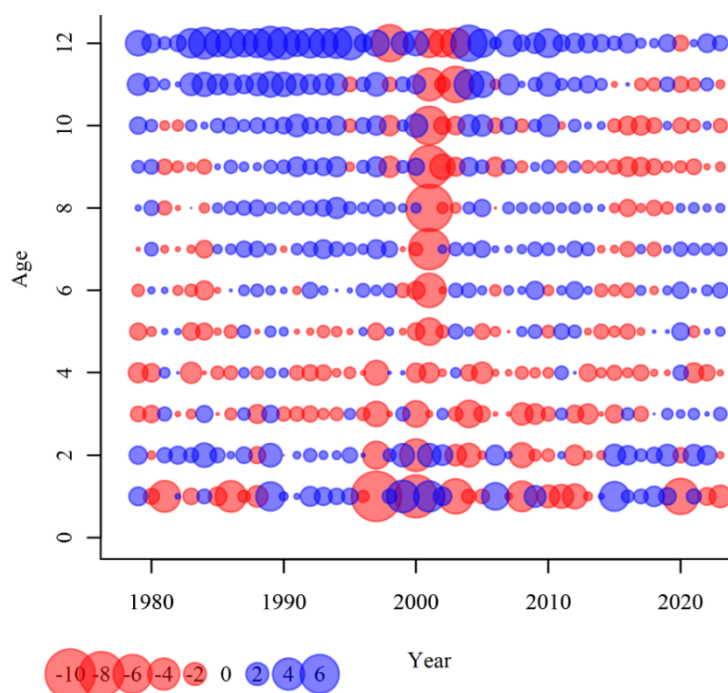


Рис. 160. Отклонения наблюдений возрастного состава уловов от найденных оценок в лог масштабе в СКМ «Синтез»

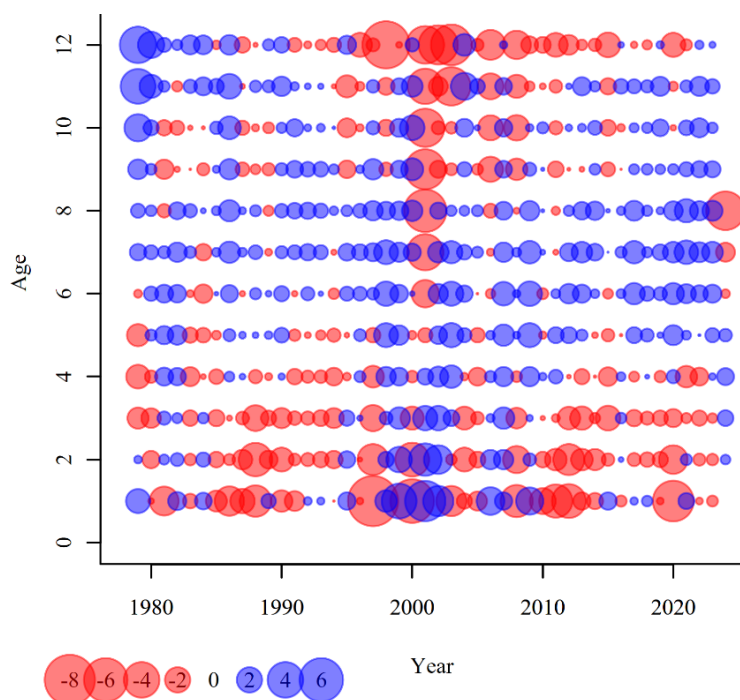


Рис. 161. Отклонения наблюдений возрастного состава уловов от найденных оценок в лог масштабе в СКМ с UKS

С одной стороны, гибкость селективности в SAM позволяет настраивать СКМ с меньшими ошибками возрастного состава уловов, чем в СКМ «Синтез» и с UKS, но их правдоподобие сомнительно. В целом, настройка СКМ с UKS обладала по всем показателям меньшими ошибками, чем СКМ «Синтез», поэтому считаем, что переход на СКМ с UKS оправдан.

Стоит отметить, что в расчёте ОДУ по прежней методике, где ошибки были независимыми, средний ОДУ составляет незначительно отличающуюся величину $0,937 \pm 0,176$ тыс. т (табл. 23) от рассчитанной по новой методике величины $1,1 \pm 0,34$ тыс. т (табл. 22), но она ближе к рекомендованной медиане 1,02 тыс. т.

Резюмируя вышеизложенное, предлагается установить **ОДУ трески в подзоне Приморье в 2026 г. на уровне 1,020 тыс. т.**

Таблица 23

Статистические оценки вероятного ОДУ трески в подзоне Приморье на 2026 г.

Возраст рыб, лет	Численность рыб (N_{2024}) на начало 2024 г., млн экз.	Стандартная ошибка $\ln(N_{2024})$	s_j	Стандартная ошибка $\ln(s_j)$	M_j	Средняя масса рыб (w_j), кг	Доля зрелых рыб	N на начало 2025 г., млн экз.	N на начало 2026 г., млн экз.	ОДУ 2025 г., 1,5 тыс. т	ОДУ 2026 г., тыс. т при F_{rec} = 0,116	FSB, 2024, тыс. т	FSB, 2025, тыс. т	FSB, 2026, тыс. т
1	4,017861	1,173317453	0,0239190	0,4603525362	0,376041715	0,069	0,298	7,9	7,9	0,002	0,001	0,007	0,013	0,013
2	3,113833	0,684285179	0,4349032	0,1562439691	0,376041715	0,194	0,367	2,75695	5,40300	0,030	0,043	0,263	0,233	0,456
3	3,946407	0,374122255	0,9993190	0,0002650598	0,376041715	0,372	0,488	2,11528	1,76433	0,098	0,060	1,467	0,786	0,656
4	4,068255	0,242001289	0,8455441	0,0258878851	0,376041715	0,936	0,613	2,64414	1,23564	0,265	0,090	3,220	2,093	0,978
5	2,163390	0,226844214	0,6803782	0,0563861299	0,376041715	1,807	0,706	2,73604	1,58345	0,431	0,181	2,660	3,364	1,947
6	0,904412	0,229947935	0,5471296	0,0868638236	0,376041715	2,793	0,899	1,46084	1,68282	0,289	0,241	1,382	2,232	2,572
7	0,492239	0,217269038	0,4403256	0,1173599721	0,376041715	4,059	1	0,61270	0,91807	0,143	0,155	0,880	1,095	1,641
8	0,362346	0,192895309	0,3546656	0,1478672811	0,376041715	5,309	1	0,33434	0,39176	0,083	0,070	0,682	0,630	0,738
9	0,305641	0,171697015	0,2859070	0,1783803141	0,376041715	6,335	1	0,24663	0,21676	0,059	0,037	0,554	0,447	0,393
10	0,231327	0,155641815	0,2306689	0,2088965789	0,376041715	7,671	1	0,20838	0,16168	0,049	0,027	0,409	0,369	0,286
11	0,130199	0,163623666	0,1862555	0,2394148405	0,376041715	8,787	1	0,15793	0,13783	0,034	0,022	0,213	0,258	0,226
12	0,133232	0,133495602	0,1505160	0,2699344217	0,376041715	9,708	1	0,08898	0,10521	0,017	0,015	0,195	0,130	0,154
ОДУ на 2026 г., тыс. т		Среднее:	Ср. кв. откл:		5%	10%	15%	50%	85%	90%	95%	11,931	11,649	10,058
0,943		0,937	0,176		0,709	0,742	0,762	0,907	1,106	1,175	1,269			

61.06.2 - Западно-Сахалинская подзона

Исполнитель: Ким Сен Ток («СахНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Прогноз величины допустимого изъятия трески Западно-Сахалинской подзоны базируется на многолетних биологических материалах, данных промысловой статистики и прямых оценках биомассы в ходе учетных донных траловых съемок «СахНИРО». Промысловая статистика получена из судовых суточных донесений (ССД) и промысловой статистики (ОСМ Росрыболовства) за период 2003–2024 гг. В Татарском проливе динамика запасов вида прослеживается методом прямого учета с начала 1980-х гг. До 2003 г. было выполнено восемь зимних тралово-акустических съемок. В 2001–2008 и 2022 гг. осуществлялись весенние учетные работы. В 1983, 1985, 2009, 2013, 2015, 2017–2018, 2020, 2022 и 2024 гг. выполнены летне-осенние съемки, по ним оценивали динамику запасов рыб по сезонам. В 2024 г. съемка была выполнена в сентябре-октябре.

В ходе 29 траловых учетных съемок собиралась информация по пространственному распределению, размерно-возрастной структуре и величине биомассы стада. В 2010–2012, 2014, 2016, 2019, 2021 гг. учетные работы в районе не проводились. В 2024 г. в ходе научной съемки объем собранного материала составил 728 экз. на массовый промер и 583 – на полный биологический анализ. В последнее десятилетие общий объем собранного материала на определение размерно-возрастного состава рыб равнялся 7862 экз. Перевод размерного состава в возрастной ряд выполнялся по размерно-возрастному ключу.

Возможность получения корректных результатов по численности и динамике запаса, посредством аналитических и продукционных моделей, позволяет установить I уровень информационной обеспеченности обоснования прогноза ОДУ (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Популяционные биологические параметры трески (размерно-возрастная структура стада, темп линейно-весового роста, естественная смертность и плодовитость по возрастам) изучены в достаточной степени. Результаты исследований позволяют выделить промысловые и биологические ориентиры для формирования правила регулирования промысла (ПРП) на основе «принципа предосторожности». В настоящее время имеющиеся многолетние данные траловых съемок дают возможность производить оценку запасов посредством прямых методов и получать рекомендуемые индексы численности запаса. Альтернативные подходы с помощью аналитических или продукционных моделей эксплуатируемого

запаса позволяют рассчитать многолетний тренд изменения численности стада, в том числе на перспективу в два года, и добиться допустимого приближения к индексам численности по учетным съемкам. На уровень достоверности полученных оценок может оказывать свое влияние негативная позиция рыбопромышленников, заключающаяся в отказе от предоставления уловов рыб на проведение научных исследований.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Полномасштабный промысел трески в Татарском проливе не проводился со второй половины 1960-х гг. Эта ситуация была обусловлена отсутствием заинтересованности рыбодобывающих предприятий в эксплуатации сравнительно небольшого запаса западно-сахалинской трески, популяция которой длительное время находилась в депрессивном состоянии. В конце прошлого столетия промысловая биомасса большинства стад трески северной части Тихого океана начала снижаться. Это привело к существенному уменьшению величины возможного вылова вида, в том числе в северной части Японского моря. В начале второго десятилетия нового века ресурсы трески стали возрастать, а промысловый запас достиг уровня среднемноголетней величины биомассы стада за рассматриваемый период времени. В последние годы рост ресурсов продолжался и, судя по имеющимся данным, их объем уже сопоставим с повышенным уровнем запаса вида, наблюдавшимся во второй половине 1980-х – в начале 1990-х гг.

В последние годы величина ОДУ была увеличена от 3,6 тыс. т в 2018 г. до 8,4 тыс. т в 2024 г. (табл. 24). Годовой вылов трески увеличился от 1947 т (2018 г.) до 5968 т (2024 г.). В 2019–2024 гг. абсолютный вылов превышал годовые уловы последних шестидесяти лет и составлял 65,1–94,7% ОДУ. Информация ОСМ Росрыболовства показывает, что за 2018–2024 гг. среднемноголетний уровень освоения достиг 73,4% ОДУ. Высокий темп эксплуатации запаса последних лет объясняется интенсификацией специализированного лова объекта, а также пополнением рыболовного флота.

Таблица 24

Годовой вылов трески в Западно-Сахалинской подзоне, т

Год	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ОДУ	3600	3600	5600	5400	5300	6500	8400
Вылов	1946,6	2644,8	3643,9	4493,9	5018,9	4715,0	5967,9
Освоение ОДУ, %	54,1	73,5	65,1	83,2	94,7	72,5	71,0

Современный район промысла трески локализован в зоне юго-западного побережья о-ва Сахалин на глубинах 50-800 м (рис. 162). Промысел снюрреводами производится малотоннажным флотом преимущественно в шельфовой зоне в весенне-летний период в пределах изобат 50–100 м. С появлением судов типа РС в 2018 г. снюрреводный промысел расширился на большие глубины в зону изобат 100-500 м. С

2019 г. снюрреводный промысел стал круглогодичным, с охватом зимой глубин 300-500 м, а в теплый период года – 50–200 м. Ярусный промысел среднетоннажными судами ведется преимущественно в конце промыслового сезона (сентябрь–декабрь) в зоне свала глубин, где располагаются осенне-зимние промысловые скопления рыб (рис. 163). В 2020–2024 гг. отмечен интенсивный промысел ярусами и снюрреводами в январе–мае на глубинах 200-500 м.

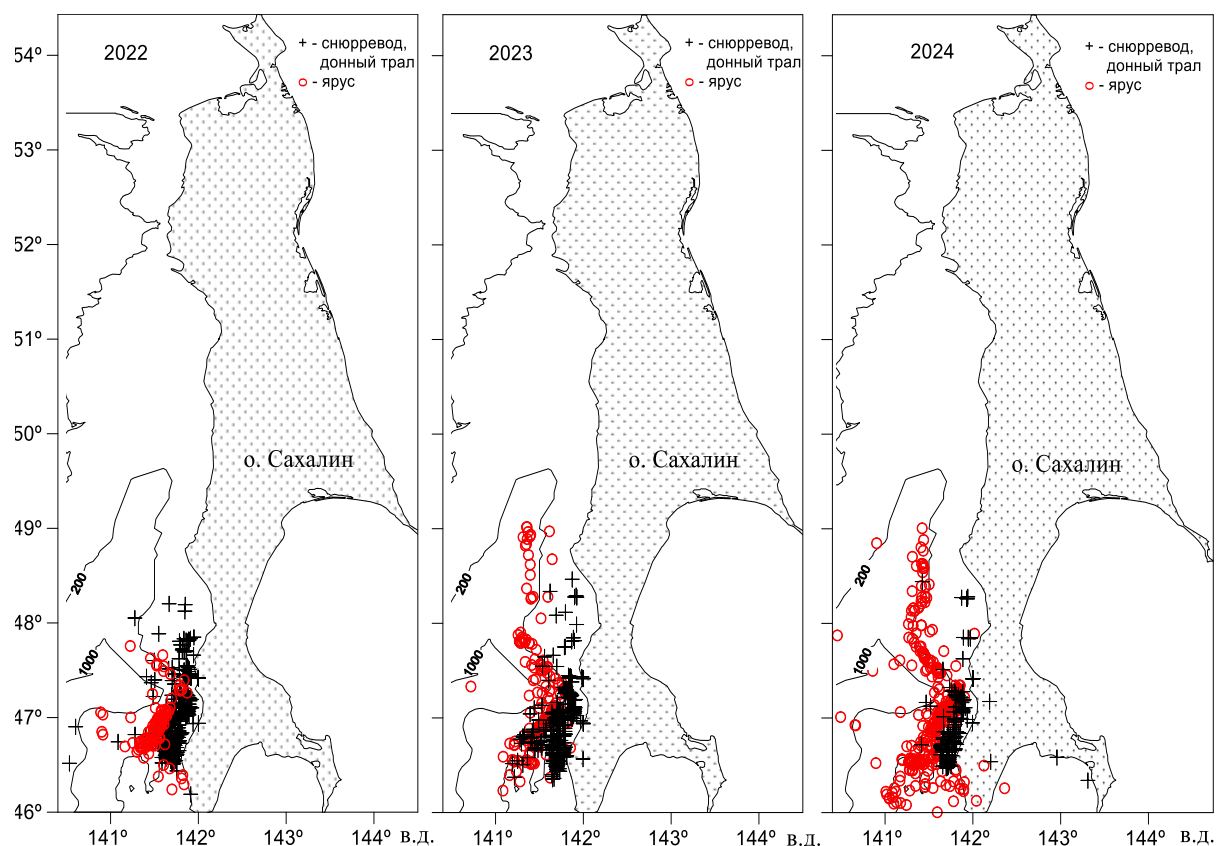


Рис. 162. Район промысла трески в 2022-2024 гг.

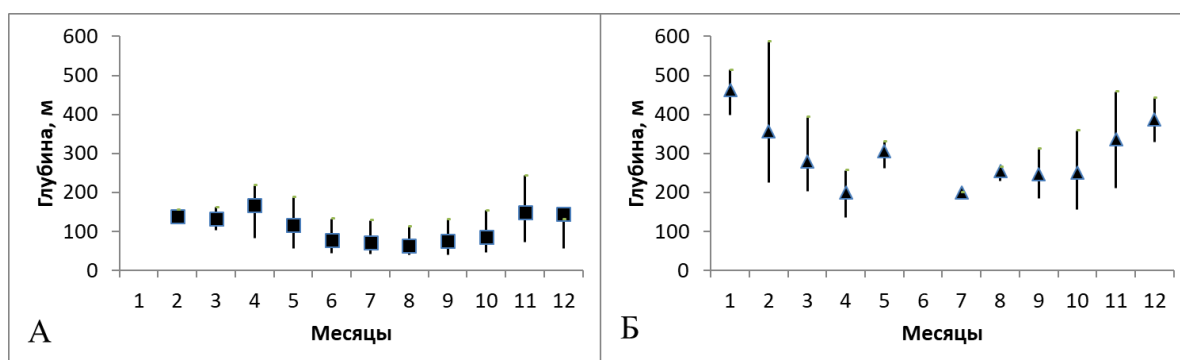


Рис. 163. Среднегодовое батиметрическое распределение уловов по месяцам при снюрреводном лове малотоннажными судами (А) и ярусном лове среднетоннажными судами (Б)

Динамика промысла западносахалинской трески в последние десятилетия характеризовалась заметными изменениями, связанными с

поиском оптимальной сезонной схемы. Этот этап завершился переходом в 2007 г. к формированию осенне-зимнего ярусного и весенне-летнего снюрреводного лова (на преднерестовых нагульных скоплениях) (рис. 164). В сентябре–декабре стали добывать в среднем 62–94% от всего годового объема вылова разными типами судов. В 2017–2024 гг. относительно высокие уловы вида наблюдались уже в начальный период промысла – в январе–мае, а во второй половине года уловы снижались до 10-40%. В среднемноголетнем аспекте за 2015–2024 гг., на промысле доля вылова малотоннажных судов составляет 43% общего вылова, а среднетоннажных — 49%. Крупнотоннажные суда эпизодически стали заходить в район промысла с 2020 г., а их средняя доля в общем вылове достигла уже 7%. Основу добычи для МТФ формирует снюрреводный лов (100%), для СТФ – ярусный вылов (94%). Крупнотоннажные суда типа РТМ использовали преимущественно разноглубинные тралы. До 2011 г. для малотоннажных судов немаловажное значение имел вылов ярусами (42%). Также применялись экспериментальные виды промысла, так в отдельные месяцы 2007–2009 гг. использовались донные ставные сети. За счет заметного изъятия в 2007–2009 гг., среднемноголетний уровень освоения в эти годы среднетоннажными судами, оснащенными донными сетями, составлял 15%. В 2005–2012 гг. применялись специализированные ловушки.

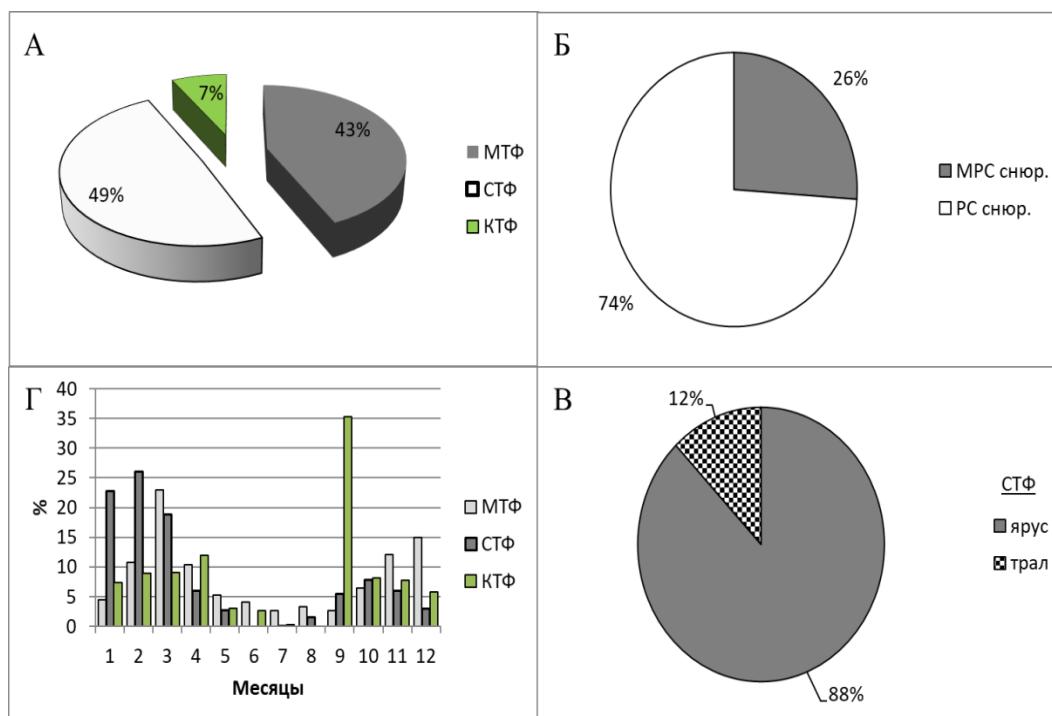


Рис. 164. Среднемноголетняя статистика промысла трески по типам судов (А), орудиям лова (Б, В) и месяцам года (Г) в период 2015–2024 гг.

Общая динамика уловов на усилие для основных типов судов и орудий лова в регионе характеризуется значительными межгодовыми колебаниями (рис. 165). Ярусный промысел МТФ демонстрировал снижение улова на усилие в течение 2003–2006 гг., но в 2007–2011 гг. показал их существенный

рост – до 0,4–0,7 т на постановку. Впоследствии данный вид промысла прекратился. Ярусный лов СТФ не характеризовался высокими показателями до 2006 г., но затем улов на постановку начал постепенно нарастать, увеличившись до 1,7 т в 2014 г. В последующие два года он резко снизился, составив 0,4 т. В 2017–2021 гг. улов на усилие вновь стал возрастать, достигнув 3,3 т. В 2022–2024 гг. улов на усилие находился в пределах 1,9–2,5 т. Общая интенсивность ярусного промысла СТФ в районе постепенно увеличивалась, достигнув в 2024 г. уровня 2774 т или 46,5% общего улова. В последнее десятилетие годовой вылов на этом виде лова составил в среднем 1068,3 т, варьируя от 195,4 до 2773,9 т.

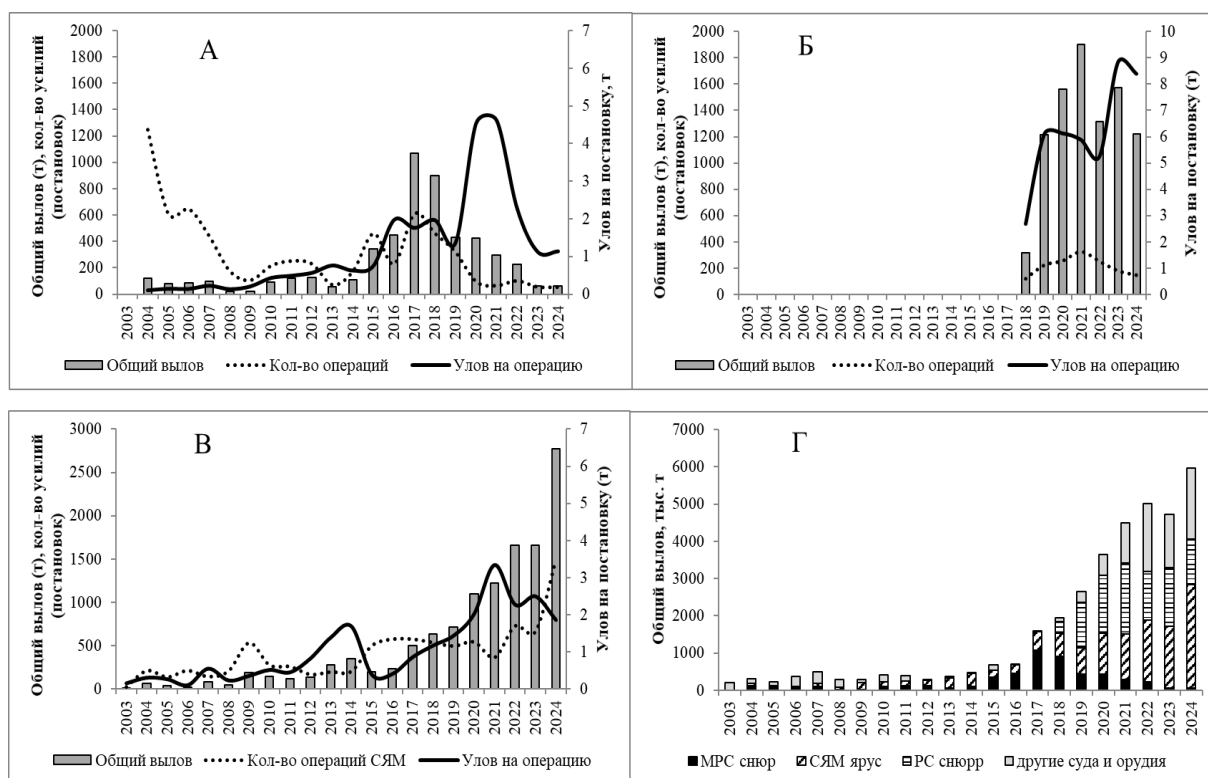


Рис. 165. Динамика основных параметров промысла трески в 2003–2024 гг., снюрреводный лов МРС (А) и РС (Б), ярусный лов СЯМ (В), общий вылов в районе всеми орудиями лова (Г)

Общая картина изменения уловов на снюрреводном промысле МРС в целом соответствовала ярусному промыслу. После 2006 г. наблюдался непрерывный рост улова на усилие, максимальный показатель которого - до 4,6 т на постановку снюрревода, был отмечен в 2021 гг. В 2023–2024 гг. улов на усилие уменьшился до 1,1 т. С 2017 г. происходило сокращение в районе снюрреводного промысла устаревшими судами типа МРС, со снижением их годового вылова. Одновременно наблюдалась их замена на более крупные суда типа РС, вооруженные снюрреводами и применяющими более активную тактику промысла. В 2018–2021 гг. доля судов типа РС в годовой добыче увеличилась от 16,3 до 42,3% или в абсолютных значениях от 318 до 1901 т. В 2022–2024 гг. интенсивность промысла судов типа РС несколько снизилась до 20,4–33,4% или 1218–1573 т/год. Средний улов на усилие для судов типа

РС в 2024 г. составил 8,3 т, что лишь на 5,0% меньше прошлогоднего значения (8,8 т). При этом, годовой вылов РС был наибольшим в 2021 г., а в последующие годы несколько снизился.

Следует отметить, что представленная информация касается показателей промысла при отсутствии полноценной специализированной добычи объекта в районе вплоть до 2016 г. Недостаточная интенсивность лова могла вызывать случайные изменения улова на усилие, обусловленные не состоянием запаса, а изменением пространственной структуры скоплений рыб, их сезонных миграций, а также нестабильной работой основных рыбодобывающих компаний. Подобные изменения могут объяснять резкие скачки в динамике основных параметров промысла в районе.

Характерно, что вплоть до 2021 г., на фоне выраженного периода роста уловов на усилие, многолетний тренд общего вылова оставался положительным, а затраченное на промысле количество усилий снижалось. Полагаем, что вероятными причинами подобного положения дел могло быть недостаточное количество судов на промысле или ограничения рынка сбыта. В 2022-2024 гг. показатели промысла в целом остаются высокими, исключая сегмент сокращающегося маломерного флота.

Промысловые ресурсы трески в западных водах о. Сахалин оценивались на протяжении последних 35 лет преимущественно методом прямого тралового учета. Использование промысловых данных ограничивалось слабым развитием рыболовства, наблюдавшимся на фоне низкого уровня численности стада. С 2016 г., в условиях роста интенсивности промысла, запасы начали оцениваться методом когортного анализа с использованием данных промысловой статистики.

До 2003 г. в районе осуществлялись зимние траловые учетные работы с оконтуриванием нерестовых зон и определением плотности концентраций рыб в них. Это позволяло учитывать нерестовую часть стада и от нее рассчитывать долю возможного изъятия рыб. Ввиду того, что рекомендовалось поднять величину промысловой меры до 50 см (возраста начала полового созревания), промысловый запас принимался равным уровню нерестового запаса. После 2003 г. зимние учетные работы были прекращены ввиду малочисленности нерестовых скоплений в предыдущие три года, и учет трески стал проводиться весной в ходе комплексных многовидовых съемок. С 2003 по 2005 гг. они показали снижение промысловой биомассы стада до минимальных значений – 1,4–4,9 тыс. т.

Дальнейшие мониторинговые исследования были эпизодичными и свидетельствовали о сохранении запаса на низком уровне численности вплоть до 2007–2009 гг., что согласуется с приведенными выше данными промысловой статистики. Учетные съемки, проведенные в сентябре–октябре 2013 г., в июне–июле 2015 г., в сентябре–октябре 2017 г., в июне–июле 2018 г., в мае–июне 2020 г. и мае–июне 2022 г. продемонстрировали рост учетной биомассы трески с широким распространением нагульных скоплений вдоль всего побережья острова. В 2024 г. плотность осенних

концентраций рыб была пониженной, треска распределялась южнее 50° с.ш. (рис. 166).

Размерный состав трески в траловых уловах НИС и в уловах промысловых судов в 2015–2024 гг. определялся последовательной сменой отдельных возрастных групп, проявлявшихся по мере взросления и убывавших с течением лет (рис. 167, 168). Средние размеры тела рыб в последнее десятилетие оставались преимущественно стабильными, за исключением 2015 г., когда была отмечена необычно высокая доля двухлетней молоди. В ходе траловой съемки 2024 г. численность молоди 1–2 лет была также повышенной. В промысловых уловах обычно доминируют среднеразмерные рыбы длиной 35–75 см, а весь ряд представлен особями от 15 до 110 см.

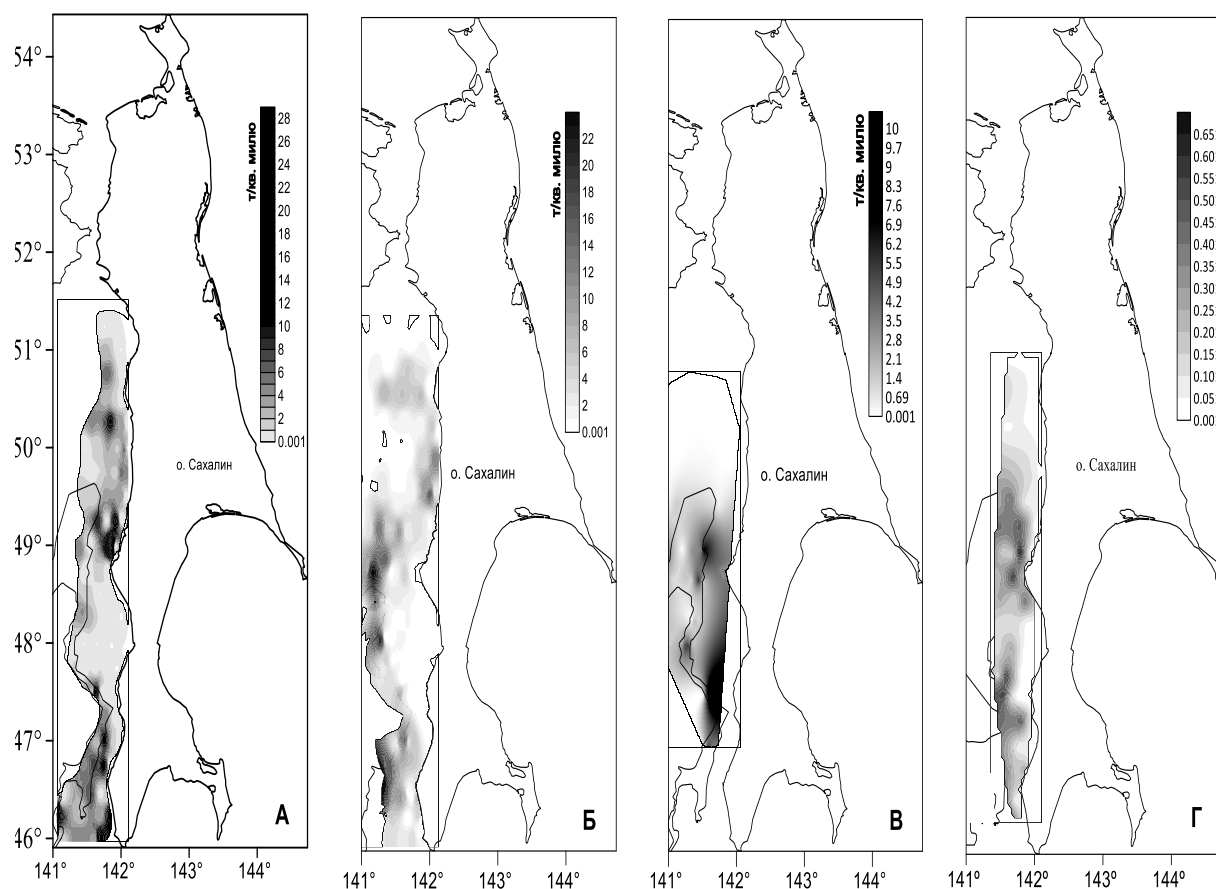


Рис. 166. Распределение биомассы трески у западного Сахалина в мае-июне 2020 г. (А), в мае-июне 2022 г. (Б), в марте-апреле 2023 г. (В), в сентябре-октябре 2024 г., т/миллю²

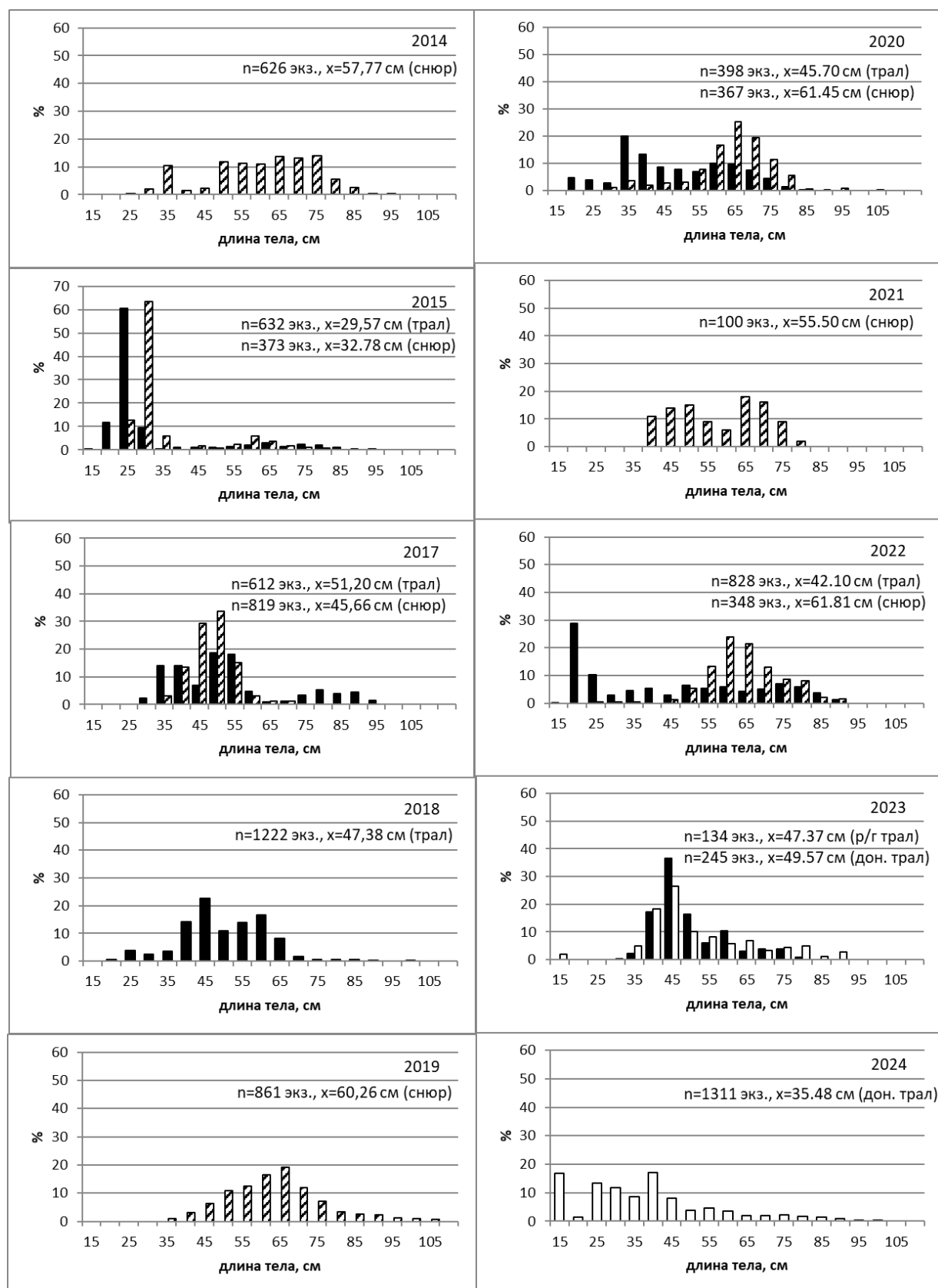


Рис. 167. Размерный состав трески по траловым и снюрреводным уловам у западного Сахалина в 2014–2024 гг. (%), черные столбцы – научные траловые уловы, столбцы с диагональной расчерченностью – промысловые снюрреводные уловы, белые столбцы – промысловые уловы разноглубинным тралом

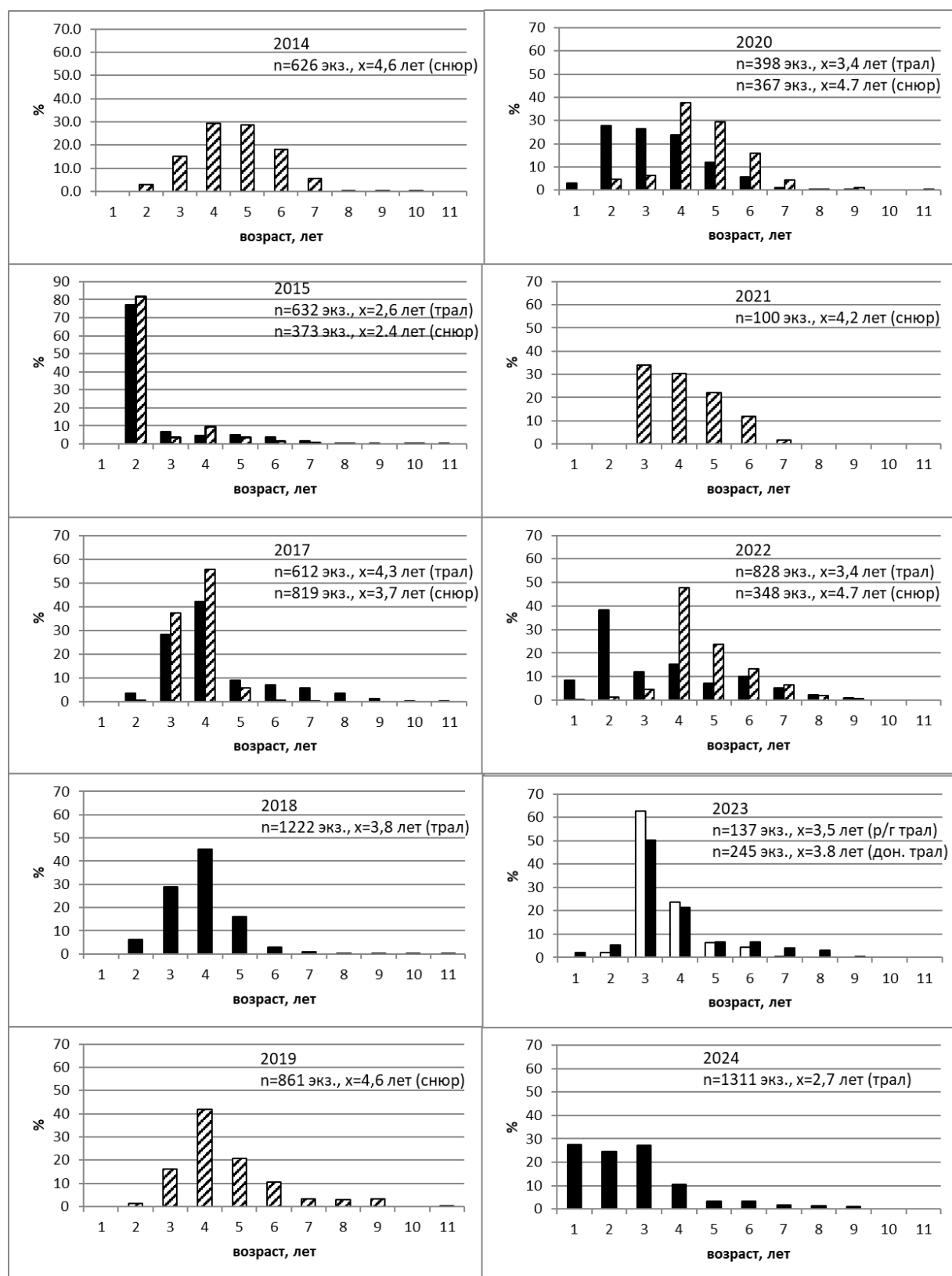


Рис. 168. Возрастной состав трески по траловым и снюрреводным уловам у западного Сахалина в 2014–2024 гг. (%), черные столбцы – научные траловые уловы, столбцы с диагональной расчерченностью – промысловые снюрреводные уловы, белые столбцы – промысловые уловы разноглубинным тралом

С 2015 г. размерно-возрастную структуру стада определяло урожайное поколение 2013 г. рождения, а доля рыб 2-летнего возраста длиной 20–30 см

достигала 82,2% в общей численности учтенного стада. Ее обилие подтверждалось информацией 2017 г., когда доля численности рыб в возрасте 4 года в стаде составила 42,1% по данным траловой съемки и 55,8% по результатам снюрреводных уловов. Это же поколение в 5-летнем возрасте (55–65 см), по данным траловой съемки 2018 г., составляло по численности 16%, уступив доле доминирующих 4-леток длиной 45–60 см (2014 г. рождения) – 45% и 3-леток (2015 г. рождения) длиной преимущественно 40–45 см – 29,0%. В снюрреводных уловах 2019 г. преобладали уже рыбы 50–70 см (71,1%) возрастом от 3 до 6 лет (2013–2016 гг. рождения). Четырехлетки поколения 2015 г. формировали доминирующую группу с долей 41,7% от общей численности стада. В 2020 г. основу научных уловов составило пополнение – особи 2–4 лет (78,1% от всей численности), тогда как в промысловых уловах доминировали рыбы 2015–2016 гг. рождения, т.е. 4–5-летки. В 2021 г. в промысловом стаде преобладали 3–4 летки 2017–2018 гг. рождения, совместная доля которых достигала 64,4% от общей численности уловов. В 2022 г. доминировали те же возрастные группы 2017–2018 гг. рождения с общей долей в промысловом стаде по численности уже 70,5%. Хотя в промысловом стаде преобладали 4–5-летки, в общем стаде отмечена повышенная доля 2-леток 2020 г. рождения (38,4%). В 2023 г. преобладали рыбы 3–4-летнего возраста двух поколений 2019–2020 гг. рождения. Поколение 2020 г. было представлено в уловах 50,4% по численности. В 2024 г. основу научных уловов составляла молодь до 3-летнего возраста и длиной до 40–45 см. Половозрелые особи суммарно не превышали 19% от всей численности рыб. В целом доминировали поколения 2021–2023 гг. рождения. Повышенная урожайность поколений 2020–2023 гг. позволяет надеяться на устойчивость промыслового стада к промыслу в ближайшие годы. В последнее пятилетие в промысловом стаде наблюдается последовательное обновление доминантных групп. Значимость поколения 2018 г., которое в 2021–2022 гг. в возрасте 3–4 лет была высокой, постепенно сокращается, из-за интенсивной элиминации старшевозрастных особей.

Осредненный возраст рыб в популяции от периода 1994–1997 гг. к 1998–2003 гг., а затем к 2005–2009 гг. увеличился от 3,8 до 4,2 лет. Средняя доля половозрелых особей крупнее 55 см в вышеуказанные отрезки времени соответственно возрастала от 36,5 до 40,0 и 51,9% от численности всего стада. В 2010–2014 гг. средний возраст достиг уровня 4,6 лет, в 2015–2020 гг. – уменьшился до 3,7 лет, а в 2021–2023 гг. – 3,8 лет. В 2010–2014 гг. средняя доля половозрелых особей составила 60,8%, в 2015–2020 гг., этот показатель, аналогично динамике среднего возраста, снизился до 40,8%. В 2022 г. эта величина составила 38,6%, в 2023 г. – 37,6%, в 2024 г. – 18,9%. Таким образом, если примерно до 2014 г. средние размерно-возрастные показатели рыб указывали на общее старение стада, но впоследствии стали отмечаться признаки увеличения пополнения.

Характерной чертой происходящих в последнее десятилетие изменений в структуре стада является формирование основы запаса из 2–4 поколений. Среди относительно урожайных поколений ранее можно было выделить рыб

2007 и 2013 г. рождения, в настоящее время уже практически вышедших из состава промысловой части стада. В 2019–2020 гг. в промысловых уловах было заметно влияние поколений 2014–2016 гг. рождения. В 2020–2022 гг., с учетом относительно высокого пополнения стада рыбами 2017–2018 гг. рождения, рост стада продолжился. В 2023–2024 гг. следует обратить внимание на поколения повышенной урожайности 2020–2023 гг. рождения, составляющие в настоящее время основу численности стада.

Методы прямого учета. Впервые нерестовая биомасса трески в западных водах Сахалина с применением учетной траловой съемки оценена в 1983 г. Расчетный запас нерестовой части стада в этом году составил 13,8 тыс. т. В конце 1980-х – начале 1990-х гг. нерестовая биомасса трески в районе достигла примерно 27,5–29,6 тыс. т. В последующем ресурсы вида на западно-сахалинских нерестилищах начали снижаться – до 23,0 тыс. т в 1996 г., и до 16,7 тыс. т в 2000 г. Зимние учетные съемки, проведенные в 2002–2003 гг. у берегов западного Сахалина, показали отсутствие крупных нерестовых скоплений трески. Весенние и осенние траловые съемки, выполнявшиеся в 2002–2009 гг., выявили, что нерестовый запас вида был низким и колебался в пределах от 1,4 до 4,9 тыс. т.

В 2013 г. траловая учетная съемка в западных водах Сахалина продемонстрировала резкое увеличение нерестовой биомассы вида до 14,8 тыс. т. В июне–июле 2015 г. нерестовая биомасса вида составила 16,8 тыс. т, причем необычно высокой оказалась доля молоди поколения 2013 г. рождения. В августе–сентябре 2017 г. съемка показала нерестовую биомассу на уровне примерно 21,0 тыс. т, возросшую за счет 4-леток поколения 2013 г. В июне–июле 2018 г. расчетная величина нерестовой биомассы стада составила около 28,0 тыс. т. В мае–июне 2020 г. нерестовая биомасса достигла 40,0 тыс. т. В 2022 г. ее величина достигла 45,1 тыс. т. В марте–апреле 2023 г. траловая учетная съемка показала промысловую биомассу стада равную 37,6 тыс. т. В сентябре–октябре 2024 г. учетные работы показали существенно меньшую биомассу вида, не превышающую по предварительным оценкам 25,5 тыс. т. В целом, информация 2013–2024 гг. позволяет утверждать, что запасы западно-сахалинской популяции трески после многолетней депрессии второй половины 1990-х гг., при интенсивной промысловой нагрузке последних лет заметно восстановились и стали демонстрировать тенденцию к некоторому снижению.

В обозримом прошлом, минимальный уровень запасов трески наблюдался в конце 1970-х гг. и существовал в 2000-х гг., максимальный уровень прослеживался в конце 1980-х – начале 1990-х гг. С конца 2010-х гг. по настоящее время вновь наблюдается рост ресурсов. Эти колебания обусловлены естественной динамикой местной популяции вида. Следует отметить, что период похолодания, наступивший в середине 1990-х гг. прошлого столетия, нашел отражение в динамике численности многих массовых видов рыб в конце 1990-х – начале 2000-х гг. [Шунтов др., 1997].

Метод когортного анализа. Решением рабочей группы по методам математического моделирования (РГМ), принятом в 2015 г., в перечень

моделей этого типа для использования в процедуре оценки запасов и ОДУ, наряду с моделями XSA, TISVPA и др., уже прошедшими тестирование и многолетнюю апробацию в рамках ICES и других научных рыбохозяйственных организаций, включена модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. Наряду с другими известными моделями, с 2019 г. она рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов, к которым относится треска [Методические рекомендации..., 2018].

Модель «Синтез» принадлежит к числу сравнительно простых статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Имеет значительные черты сходства с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al, 1985], «ICA» [Patterson, 1994] и др. [Quinn and Deriso, 1999]. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе, разработанной в «КамчатНИРО».

Принимая во внимание опыт использования данной модели, наличие программного обеспечения, а также факт, что в 2016 г. она прошла тестирование и рекомендована РГМ для применения, в настоящем обосновании из перечня возможных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез».

В качестве входной информации для модели использованы:

- матрица уловов (тыс. экз.) по возрастам (от 2 до 11 полных лет) и годам промысла (от 1990 до 2024 гг.);
- среднегодовые значения массы (рис. 169), доли половозрелых рыб и доли рыб промыслового размера по возрастам, рассчитанные по данным полных биологических анализов (ПБА);

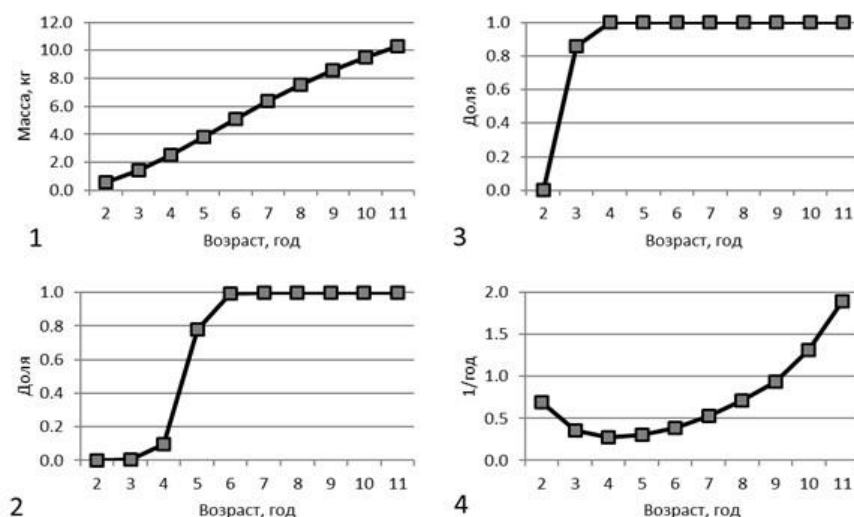


Рис. 169. Параметры, используемые при ретроспективной оценке биомассы трески западного Сахалина методом когортного анализа. 1 – масса рыб по возрастным группам, 2 – доля половозрелых рыб, 3 – доля рыб, достигших промыслового размера, 4 – мгновенные коэффициенты естественной смертности

– мгновенные коэффициенты естественной смертности по возрастным группам, по результатам возрастных определений возраста по отолитам.

В качестве настроечных индексов для модели использовали стандартизированные по методу GLM (обобщенные линейные модели) уловы на единицу промыслового усилия (т/судосутки) судов типа МРС, МмРСТ, МДС, МмЯМ, МмРС, РС, СТР, СЯМ, СРТМ в 2003–2024 гг., вооруженных снюрреводами и донными ярусами (рис. 170), а также данные учетных траловых съемок о биомассе промыслового запаса (1990–2024 гг.).

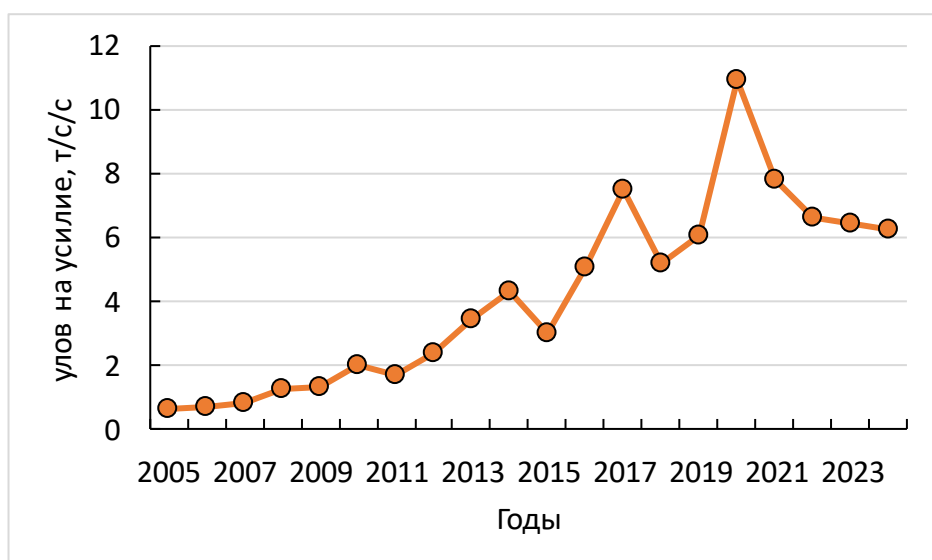


Рис. 170. Кривая стандартизированного улова на усилие (судосутки) трески западного Сахалина, полученная методом обобщенных линейных функций (GLM)

Многолетняя ретроспективная динамика нерестовой (SSB), общей (TSB) и промысловой биомассы, а также пополнения тихоокеанской трески западного Сахалина по данным модельных расчетов представлена на рисунках 171–173. После периода высокого уровня запасов в середине 1980-х – начале 1990-х гг., под влиянием естественных причин и промысла, нерестовая биомасса популяции постепенно снижалась и достигла минимального уровня. В 2011–2017 гг. нерестовая биомасса сохранялась в пределах 13,6–14,8 тыс. т. В 2018–2024 гг. был отмечен тренд на заметное увеличение биомассы общего и нерестового запаса.

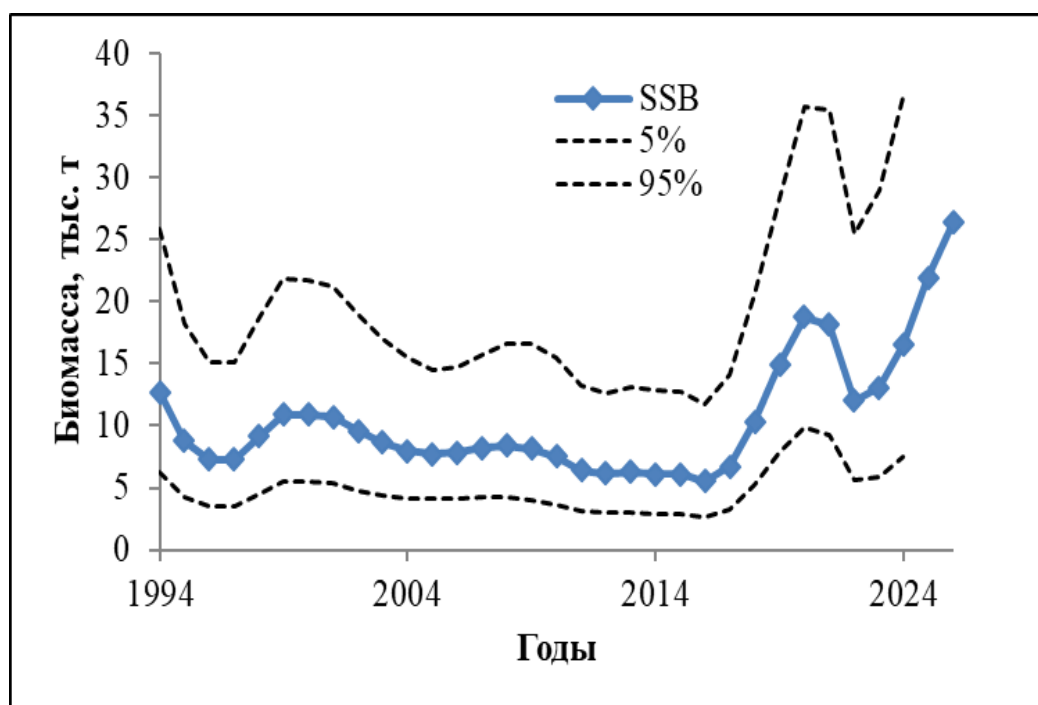


Рис. 171. Динамика нерестовой биомассы SSB трески западного Сахалина с доверительными интервалами. На 2025–2026 гг. представлены прогнозные значения

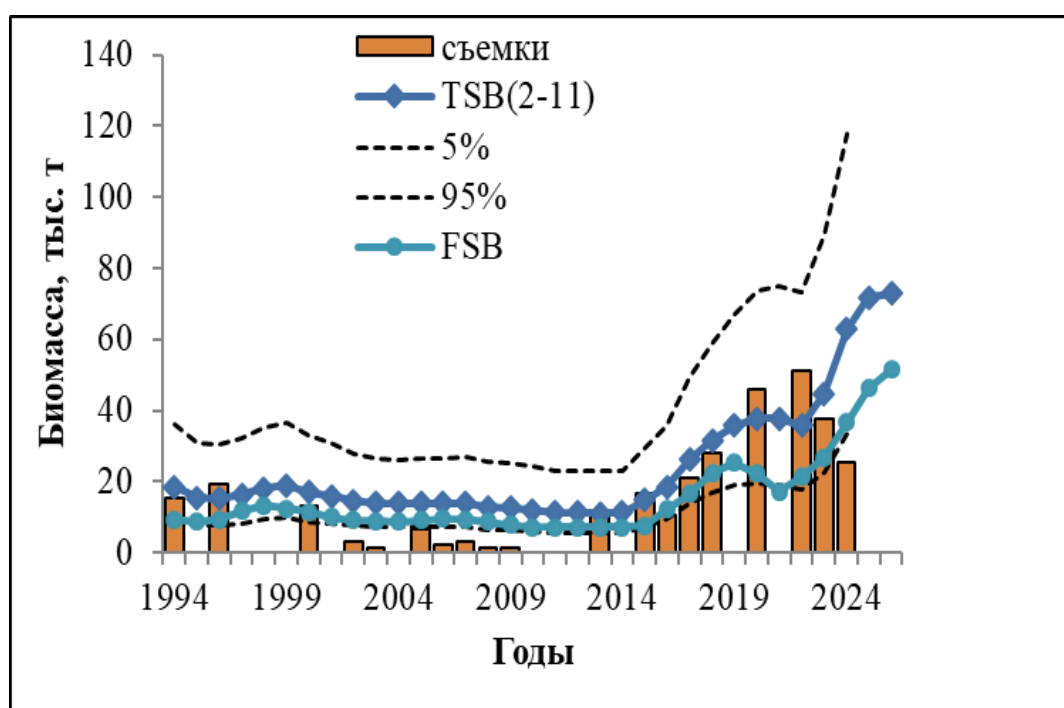


Рис. 172. Модельная динамика промысловой биомассы (1) в сопоставлении с данными съемок (2), а также многолетняя динамика общей биомассы (2–11 лет) трески западного Сахалина с доверительными интервалами. На 2025–2026 гг. представлены прогнозные значения

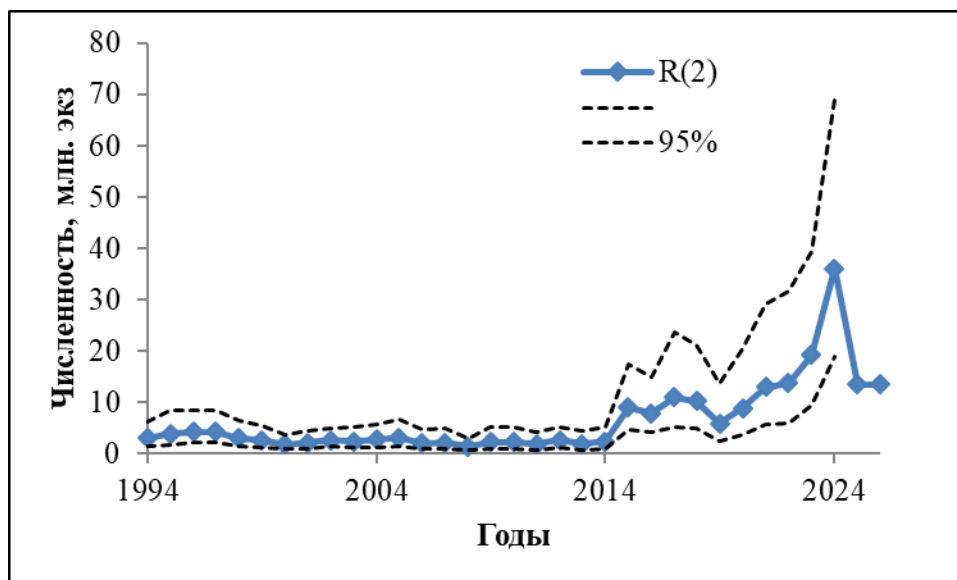


Рис. 173. Модельная динамика пополнения трески западного Сахалина с доверительными интервалами. На 2025–2026 гг. представлены прогнозные значения

Модельные оценки нерестовой и промысловой биомассы трески западного Сахалина на начало 2024 г., составили 16,5 и 26,9 тыс. т, соответственно. Эти величины используются при дальнейшем прогнозе состояния запаса и оценки ОДУ на 2026 г. Для этого определяются коэффициенты промысловой смертности по возрастам на 2025 г., исходя из предполагаемого на этот год общего вылова. Впоследствии, на основе параметров, представленных на рисунке 169, определяются оценки промысловой и нерестовой биомассы на прогнозный год.

Определение биологических ориентиров. Обоснование правила регулирования промысла

Оценка ОДУ трески западного Сахалина выполнена в рамках «предосторожного подхода» к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], который предполагает дифференцированный выбор уровня эксплуатации в зависимости от текущего состояния популяции.

Основным этапом реализации данного подхода является выбор целевых и граничных ориентиров управления промыслом, относительно которых впоследствии выносится суждение о текущем состоянии запаса и делаются рекомендации об оптимальном уровне эксплуатации.

Ниже обосновывается выбор основных ориентиров управления промыслом тихоокеанской трески западного Сахалина.

В качестве граничного ориентира по нерестовой биомассе – SSB_{lim} , принята ее минимальная оценка за ретроспективный период. Эта величина составляет 5,52 тыс. т. При снижении биомассы производителей ниже этого уровня, рекомендуется ограничить промысел до минимума.

Граничный ориентир по промысловой смертности $F_{lim}=0,475(1/\text{год})$, определяющий рубеж, за которым возрастает риск перелова по росту, определен по методу Кадди [Caddy, 1998].

Максимум кривой равновесного улова на единицу пополнения (рис. 174) соответствует $F=0,768(1/\text{год})$, что превышает оценку граничного ориентира. Оценки ориентиров $F_{0.1}$ и $F_{40\%}$ составили 0,539 (1/год) и 0,312 (1/год), соответственно. Оценки F_{msy} и F_{med} составили 0,044 (1/год) и 0,031 (1/год), соответственно. Столь низкие значения последних двух параметров обусловлены большим разбросом значений пополнения и нерестовой биомассы и не могут быть приняты во внимание. Исходя из этого, целевой ориентир по промысловой смертности F_{tr} определили на уровне параметра $F_{40\%}=0,312$ (1/год). В прошлые годы, по результатам когортного анализа, целевой ориентир оценивался на уровне 0,27-0,31 (1/год).

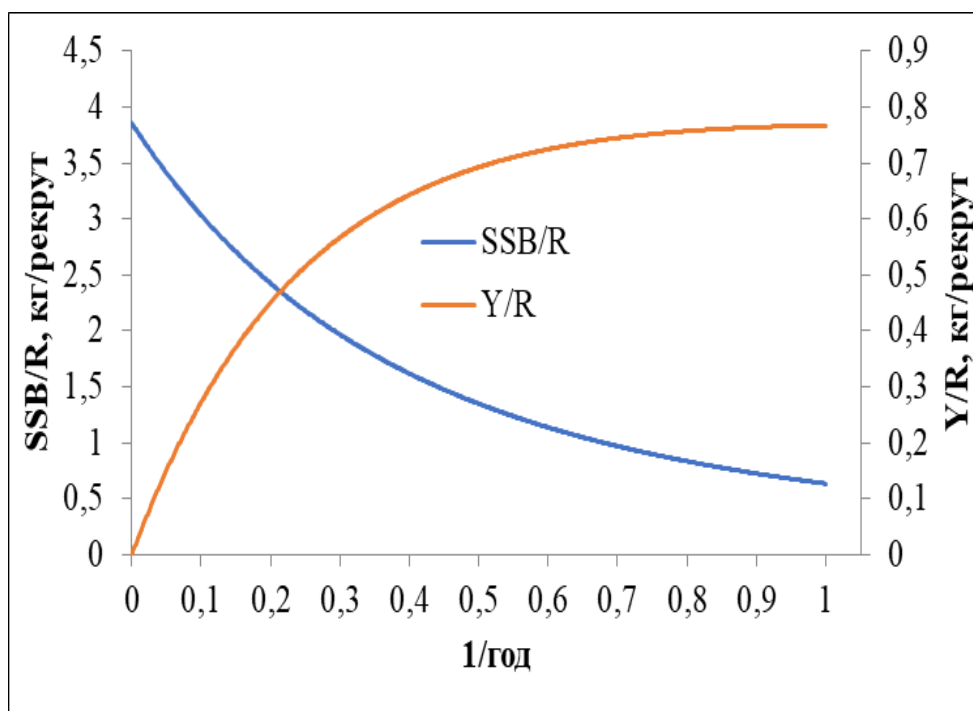


Рис. 174. Зависимость равновесного улова на рекрута Y/R и нерестовой биомассы на рекрута SSB/R от промысловой смертности F для трески Западно-Сахалинской подзоны

Целевой ориентир по нерестовой биомассе SSB_{tr} , при превышении которого возможно максимальное изъятие, определен как произведение значения равновесной биомассы на единицу пополнения, соответствующего целевому ориентиру по промысловой смертности F_{tr} , на среднюю за последние 10 лет величину пополнения в возрасте 2 года $R(2)=13,54$ млн экз. Таким образом, $SSB_{tr}=26,01$ тыс. т.

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) тихоокеанской трески Западно-Сахалинской подзоны, цель которого – вывод запаса на уровень высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне. Схема ПРП представлена на рисунке 175.

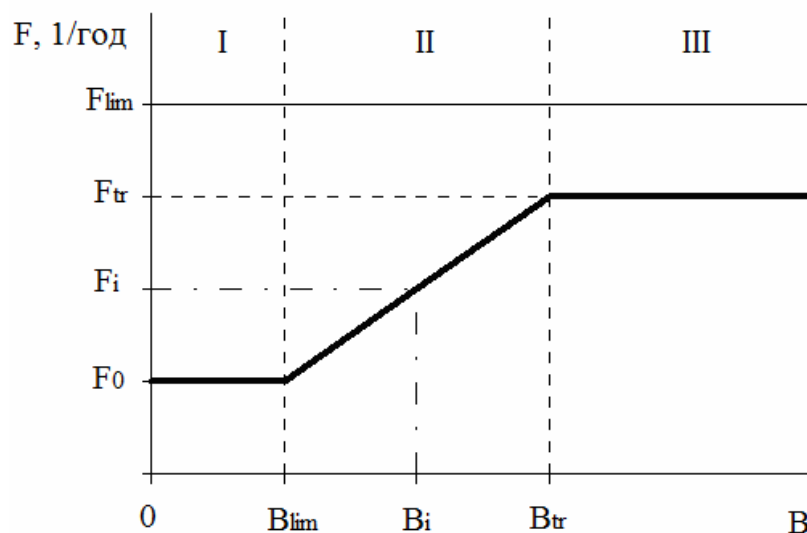


Рис. 175. Правило регулирования промысла трески западного Сахалина

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$F_{rec_i} = F_0$, при $B_i < B_{lim}$,

$F_{rec_i} = (F_{tr} - F_0)(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}) + F_0$, при $B_{lim} < B_i < B_{tr}$,

$F_{rec_i} = F_{tr} = \text{const}$, при $B_i > B_{tr}$.

Прогнозирование состояния запаса

Для прогнозирования запаса трески на 1–2 года вперед использовали те же значения коэффициентов (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе.

В качестве пополнения запаса трески в Западно-Сахалинской подзоне на прогнозный период принимали среднюю за последние 10 лет численность двухлетних рыб. По прогнозам, в 2025–2026 гг. она составит около 13,54 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса на 2 года вперед (табл. 25).

Таблица 25

Оценка состояния запаса в 2024 г., прогноз состояния запаса трески Западно-Сахалинской подзоны в 2025–2026 гг.

	Возраст, лет										Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Численность на начало года, млн экз.	36,15	9,57	4,49	2,52	0,86	0,24	0,16	0,07	0,02	0,01	54,07
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,007	0,047	0,181	0,268	0,256	0,226	0,197	0,172	0,150	0,131	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,498	0,665	0,637	0,566	0,524	0,469	0,404	0,329	0,232	0,232	
Средняя масса рыб, кг	0,566	1,412	2,530	3,794	5,095	6,357	7,532	8,594	9,534	10,351	
Биомасса на начало года, тыс. т	20,351	13,552	11,415	9,604	4,376	1,505	1,207	0,612	0,183	0,060	62,86
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,000	0,041	1,084	7,491	4,341	1,505	1,207	0,612	0,183	0,060	16,52
2025											
Численность на начало года, млн экз.	13,54	18,00	6,37	2,86	1,43	0,45	0,11	0,06	0,02	0,00	42,84
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,013	0,080	0,303	0,451	0,430	0,380	0,331	0,289	0,252	0,220	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,498	0,665	0,637	0,566	0,524	0,469	0,404	0,329	0,232	0,232	
Средняя масса рыб, кг	0,566	1,412	2,530	3,794	5,095	6,357	7,532	8,594	9,534	10,351	
Биомасса на начало года, тыс. т	7,667	25,409	16,113	10,848	7,266	2,849	0,835	0,556	0,224	0,046	71,81
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,000	0,076	1,554	8,584	7,213	2,848	0,835	0,556	0,224	0,046	21,94
2026											
Численность на начало года, млн экз.	13,54	6,70	11,59	3,59	1,35	0,63	0,18	0,04	0,02	0,00	37,64
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,009	0,055	0,208	0,309	0,295	0,260	0,227	0,198	0,173	0,151	
Годовой коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,497	0,661	0,620	0,544	0,504	0,454	0,392	0,320	0,227	0,198	
Средняя масса рыб, кг	0,566	1,412	2,530	3,794	5,095	6,357	7,532	8,594	9,534	10,351	
Биомасса на начало года, тыс. т	7,667	9,466	29,336	13,619	6,876	3,992	1,359	0,336	0,180	0,051	72,88
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	0,000	0,028	2,829	10,776	6,826	3,991	1,359	0,336	0,180	0,051	26,38
Биомасса промыслового запаса на начало года, тыс. т	0,212	1,662	19,592	13,523	6,518	3,338	0,992	0,214	0,100	0,025	46,18
ОДУ, тыс. т	0,001	0,074	3,240	3,132	1,393	0,601	0,146	0,025	0,009	0,002	8,62

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Прогнозируемый уровень нерестовой биомассы тихоокеанской трески западного Сахалина на 2026 г. составляет 26,38 тыс. т, что соответствует области постоянной интенсивности промысла (режим III на рис. 174). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности равно 0,312 (1/год).

Величину ОДУ на i -й прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=1}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \quad [\text{Бабаян, 2000}], \text{ где:}$$

s_j – возрастные коэффициенты селективности,

w_j – среднемноголетняя масса особей по возрастным группам,

M_j – МКЕС,

$N_{i,j}$ – численность j -ой возрастной группы,

F_{req} – рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно ПРП, **ОДУ трески в Западно-Сахалинской подзоне в 2026 г. составит 8,600 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является оценка вероятности того, что в долгосрочной перспективе (10 лет вперед) при средней за последние 10 лет величине пополнения биомасса нерестового запаса трески западного Сахалина не опустится ниже граничного ориентира по биомассе B_{lim} при заданном постоянном темпе эксплуатации. В рамках статистического имитационного моделирования методом Монте-Карло эта вероятность была оценена (рис. 176). При интенсивности промысла в течение 10 лет на уровне целевого ориентира F_{tr} риск перелома по пополнению не превышает рекомендованного уровня $\alpha = 0,1 - 0,3$ [Бабаян, 2000].

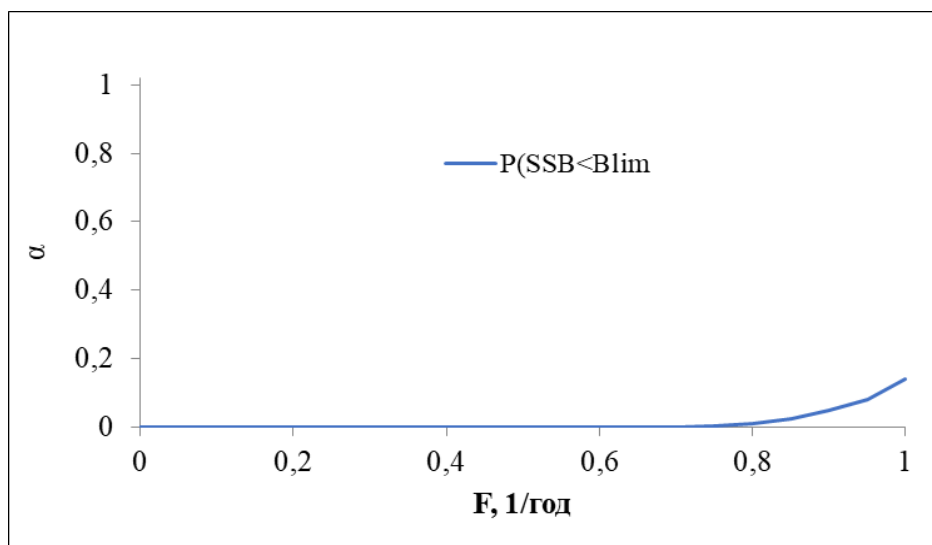


Рис. 176. Вероятность падения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира

Еще одним аргументом в пользу избранной стратегии промысла могут служить результаты моделирования динамики запаса трески на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия.

Как видно из рисунка 177, при соблюдении ПРП запас трески с 95%-ной вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы и будет находиться на примерном уровне целевого ориентира. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что стратегия управления является эффективной.

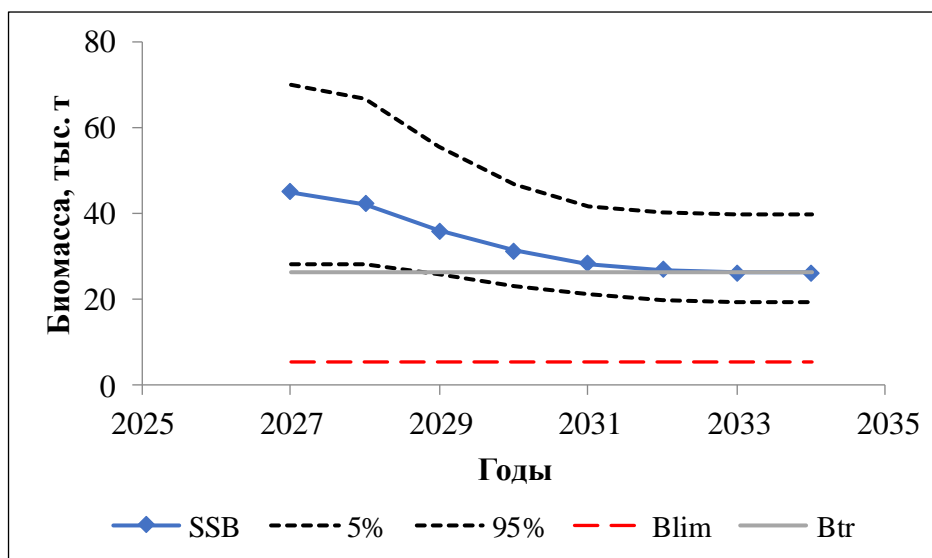


Рис. 177. Процентили распределения оценок биомассы нерестового запаса трески Западно-Сахалинской подзоны в 2027–2034 гг. при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью два года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на два года вперед, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло вычисляется вероятность попадания запаса в опасную зону, как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2026} < B_{lim} | ОДУ_{2024}, ОДУ_{2025})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2024}, ОДУ_{2025})$. Если эти вероятности меньше рекомендованного уровня $\alpha = 0,1-0,3$ [Бабаян, 2000], то стратегию управления можно принять. Проведенный риск-анализ (рис. 178) показал, что при рекомендуемой в 2026 г. величине ОДУ, равной 8,6 тыс. т, риск перелова по пополнению и по росту не превысил уровень $\alpha = 0,3$. Следовательно, выбранную стратегию управления можно принять.

Окончательный вид ПРП тихоокеанской трески западного Сахалина с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2014 по 2024 г. и ближайшую перспективу (до 2026 г.), представлен на рисунке 179.

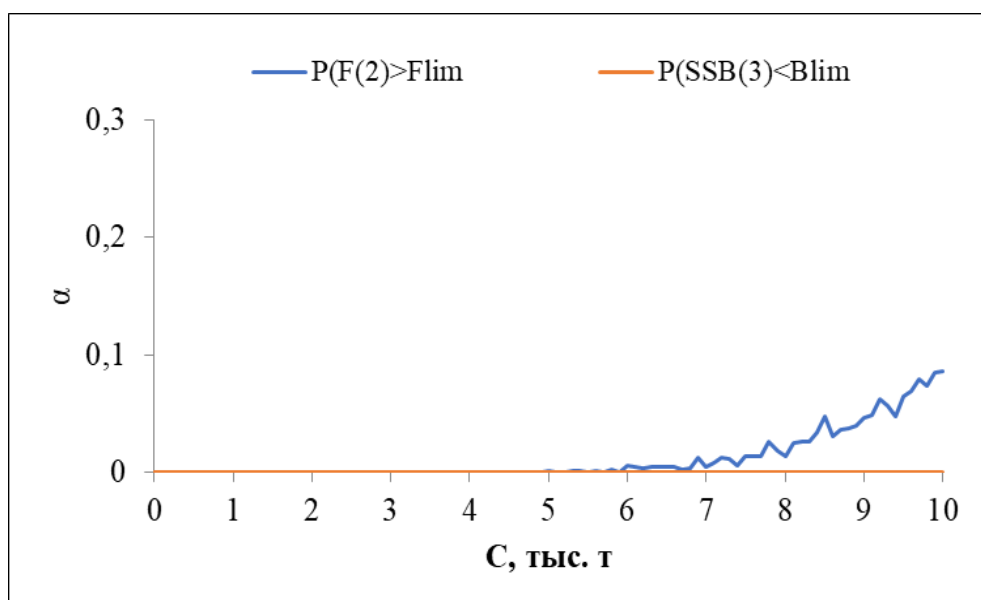


Рис. 178. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса тихоокеанской трески западного Сахалина в 2025–2026 гг.

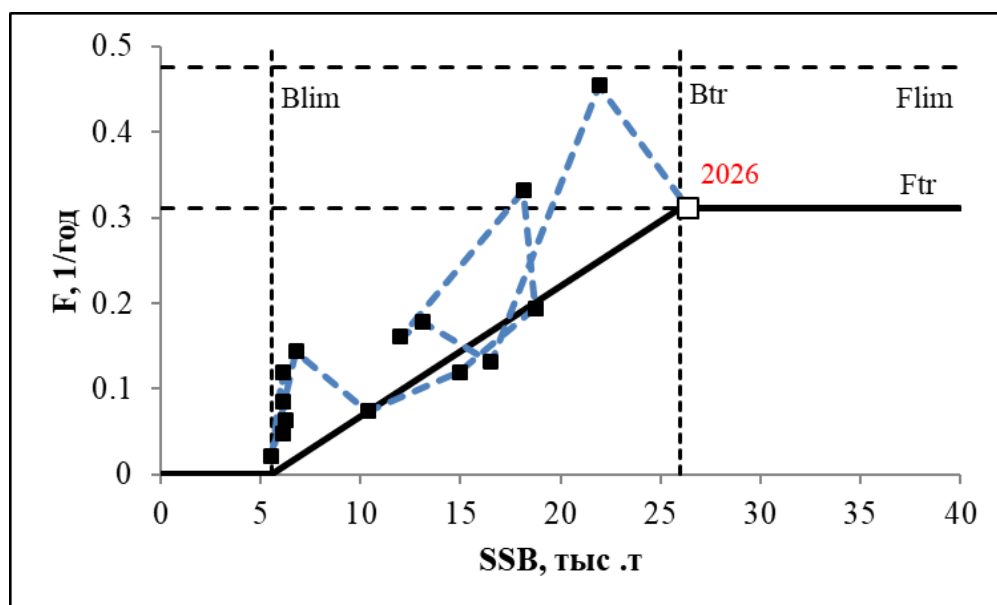


Рис. 179. Реализация правила регулирования промысла трески Западно-Сахалинской подзоны

НАВАГА (*Eleginus gracilis*)

61.02 - Зона Восточно-Камчатская

61.02.1 - Карагинская подзона

Исполнители: О.В. Новикова, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: А.В. Датский (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки состояния запасов и обоснования ОДУ наваги в Карагинской подзоне в 2026 г. положены следующие материалы:

- данные, полученные в результате исследований качественного и количественного состава промысловых снюрреводных уловов в сентябре–октябре 2024 г. на РС 600 «Малки-1» (массовые промеры (МП) — 5015 экз.);
- результаты донной траловой съемки, выполненной в Карагинской подзоне в августе–сентябре 2024 г. на НИС «Дмитрий Песков» (рис. 1) (количество тралений — 68, МП наваги — 883 экз.);

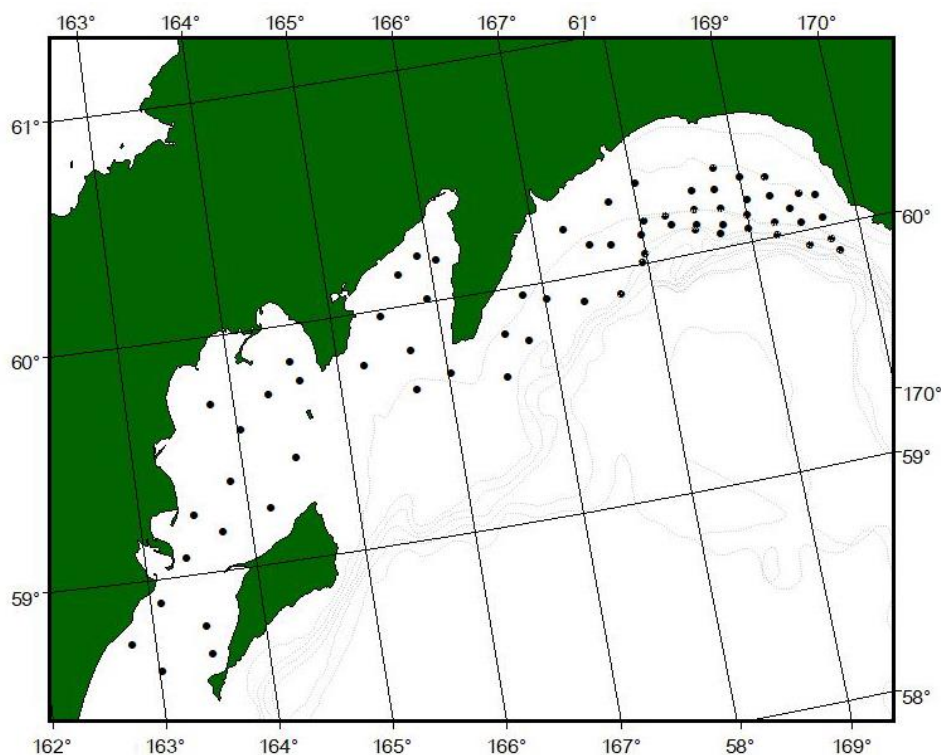


Рис. 1. Схема станций донной траловой съемки, выполненной на НИС «Дмитрий Песков» в августе – начале сентября 2024 г. в Карагинской подзоне

- многолетние промыслово-биостатистические данные с 1974 г.;
- данные снюрреводных промысловых рейсов (2015–2024 гг.), донных траловых съемок, проведенных в 2016, 2019, 2020 и 2024 гг.;

— сведения об общем вылове наваги по данным оперативной отчетности предприятий (ООП), структуре промысла — по данным судовых суточных донесений (ССД) из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Сведения об общем вылове наваги в 2012–2023 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для карагинской наваги в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1974 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса и возрастной состав рыб на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, выполненных в 2012, 2016, 2019–2020 и 2024 гг.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза ОДУ в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу «доступная информация обеспечивает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и ОДУ с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса». Решением рабочей группы по методам математического моделирования (РГМ), принятом в 2015 г., в перечень моделей этого типа для использования в процедуре оценки запасов и ОДУ, наряду с моделями XSA, TISVPA и др., уже прошедшими тестирование и многолетнюю апробацию в рамках ИКЕС и других научных рыбохозяйственных организаций, включена модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. Наряду с другими известными моделями, с 2019 г. она рекомендована для оценки запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов [Методические рекомендации..., 2018]. Последняя для данного запаса используется с 2011 г. Она относится к числу сравнительно простых

статистических когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, учитывает специфику рыбопромысловой статистики и позволяет получить детальное описание динамики возрастной структуры оцениваемого запаса. Имеет значительные сходства с такими общеизвестными моделями, как «CAGEAN» [Deriso et al., 1985], «ICA» [Patterson, 1994] и др. Алгоритм модели реализован в одноименной компьютерной программе, разработанной в «КамчатНИРО».

Принимая во внимание опыт использования данной модели, наличие собственного программного обеспечения, а также тот факт, что в 2015 г. она прошла тестирование и рекомендована РГМ для применения, в настоящем обосновании из перечня возможных моделей для оценки запаса и обоснования ОДУ выбрали модель «Синтез».

Входные данные для модели:

— матрица вылова наваги (млн экз.) по возрастам (2–8 лет) в 1974–2024 гг.;

— среднемноголетняя масса рыб по возрастным группам из снюрреводных уловов за период 2000–2024 гг. (табл. 1). Исходные данные внутри модели аппроксимировали посредством зависимости Берталанффи [Bertalanffy, 1938];

— среднемноголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам биологических анализов, выполненных в январе–марте 2005–2018 гг. из уловов вентером (табл. 2) (фактические данные сглаживали посредством логистической функции);

— среднемноголетние мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) по возрастам (табл. 3).

Таблица 1

Среднемноголетняя масса наваги Карагинской подзоны по возрастным группам

Возраст, лет	2	3	4	5	6	7	8
Масса, г	61	261	652	423	499	506	564

Таблица 2

Доля половозрелых рыб по возрастным группам наваги Карагинской подзоны

Возраст, лет	2	3	4	5
Доля, %	42	89	95	97

Таблица 3

Мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) по возрастным группам наваги Карагинской подзоны

Возраст, лет	2	3	4	5	6	7	8
МКЕС	0,44	0,43	0,44	0,45	0,47	0,49	0,52

Возрастные коэффициенты промысловой смертности (селективность, s) по возрастным группам рассчитывали внутри модели, исходя из предположения о том, что функция селективности имеет логистический вид:

$$s_a = \frac{1}{(1 + \exp(\alpha(a_0 - a)))},$$

где α , β , a_0 – коэффициенты модели, приведенные на рисунке 2.

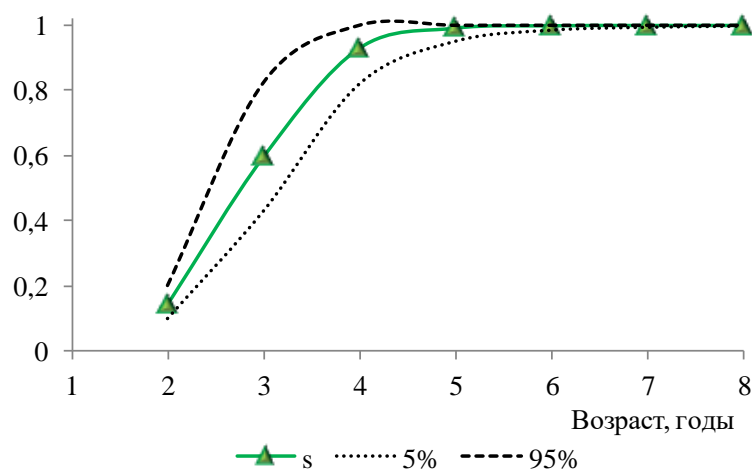


Рис. 2. Возрастные коэффициенты селективности карагинской наваги

Настроенными индексами для модели послужили результаты донных траловых съемок 2012, 2016, 2019, 2020 и 2024 гг. В Карагинской подзоне они проводятся, начиная с 1958 г. Основной задачей их первоначально являлся учет сеголетков сельди. В дальнейшем результаты траловых съёмок стали использовать и для характеристики силы годовых классов других рыб (минтая, наваги, трески и др.). С конца 1960-х гг. здесь же стали выполняться и снюрреводные учетные исследования на судах типа МРС в диапазоне глубин 20–200 м. Однако в 2000–2011 гг. число подобных работ существенно сократилось, что самым неблагоприятным образом отразилось на возможности объективной оценки запасов и допустимых уловов промысловых рыб. В 2012 г. учетные работы в этом районе были возобновлены, но по упрощенной сетке станций (только на шельфе). При этом в 2016 г. съемка была ориентирована, прежде всего, на оценку запасов промысловых беспозвоночных, выполнена только на шельфе и в нестандартные для учета донных рыб сроки – июне, что делает результаты трудно сопоставимыми с данными прошлых лет. В 2017 г. учетная съемка проводилась только в акватории Олюторского залива на глубинах до 200 м, а в 2018 г. – не проводилась вовсе. В 2021 г. учетные работы в Карагинской подзоне выполнены в октябре, при этом съемка была ориентирована только на оценку запасов промысловых беспозвоночных. Результаты по наваге оказались нерепрезентативные, поэтому в качестве индекса запаса в расчетах не использованы. В 2022–2023 гг. учетные съемки не проводились.

Плотность рыб и величину запасов оценивали для стандартного полигона методом зональных средних [Аксютин, 1968], предварительно разбив его на полигоны Тиссена (Thiessen) (рис. 2). Коэффициент уловистости принимали равным 1. Для построения карт распределения и

полигонов Тиссена использовали программу ArcView Gis 3.3. Подробно алгоритм расчетов описан в работе А.И. Варкентина с соавторами [2019].

Для выбранного стандартного полигона определяли итоговый размерный состав наваги взвешенно к вылову на 1 час траления в количественном выражении. Возрастной состав рассчитывали путем пересчета размерного состава через размерно-возрастной ключ, составленный для второго полугодия.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Состояние запаса. По результатам донной траловой съемки, выполненной в августе–сентябре 2024 г., навага отмечалась в большей части контрольных тралений, а максимальные концентрации традиционно зарегистрированы на юге Карагинского залива, в зал. Корфа и в восточной части Олиторского залива (рис. 3). Доля вида в уловах по массе в отдельных тралениях составляла 60,6% (в среднем 8,6%). Уловы на 1 час траления варьировали от 0,003 до 286,4 кг, при среднем значении, равном 18,6 кг. Следует отметить, что по данным съемки, проведенной в сентябре–октябре 2020 г., плотность рыб составляла 3,327 тыс. экз./км² или 0,421 т/км², а уловы варьировали от 0,001 до 2259,5 кг, при среднем значении, равном 96,8 кг. Таким образом, уловы на 1 час траления в 2024 г., относительно результатов съемки 2020 г., сократились более чем в 5 раз.

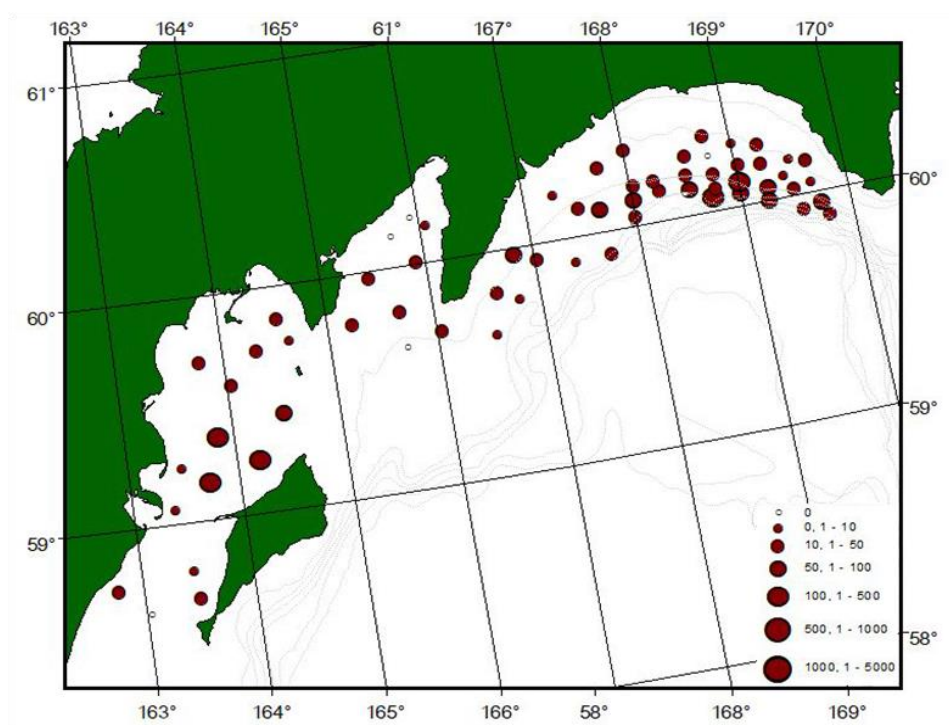


Рис. 3. Распределение уловов наваги на единицу усилия в Карагинской подзоне по результатам донной траловой съемки 2024 г., кг/час траления

Всего в 2024 г. на стандартном полигоне учтено 87,098 млн экз. или 11,324 тыс. т наваги (табл. 4), что по биомассе является минимальным показателем, начиная с 2016 г.

Таблица 4

Межгодовая динамика средней плотности распределения, индекса общей численности и биомассы ($K_y=1$) наваги на стандартном полигоне в Карагинской подзоне, по результатам донных траловых съемок

Год	Средняя плотность		Индекс общей численности, млн экз.	Индекс общей биомассы, тыс. т
	тыс. экз./км ²	т/км ²		
2016	4,297	0,455	115,62	12,247
2017	—	—	—	—
2018	—	—	—	—
2019	2,901	0,527	78,062	14,19
2020	24,690	1,493	664,319	40,161
2021	—	—	—	—
2022	—	—	—	—
2023	—	—	—	—
2024	3,237	0,421	87,098	11,324

По результатам донной траловой съемки, выполненной в 2016 г., навага была представлена особями длиной 9–43 см при среднем значении 28,3 см (рис. 4). Их основу составляли рыбы длиной 21–30 см (70,3%).

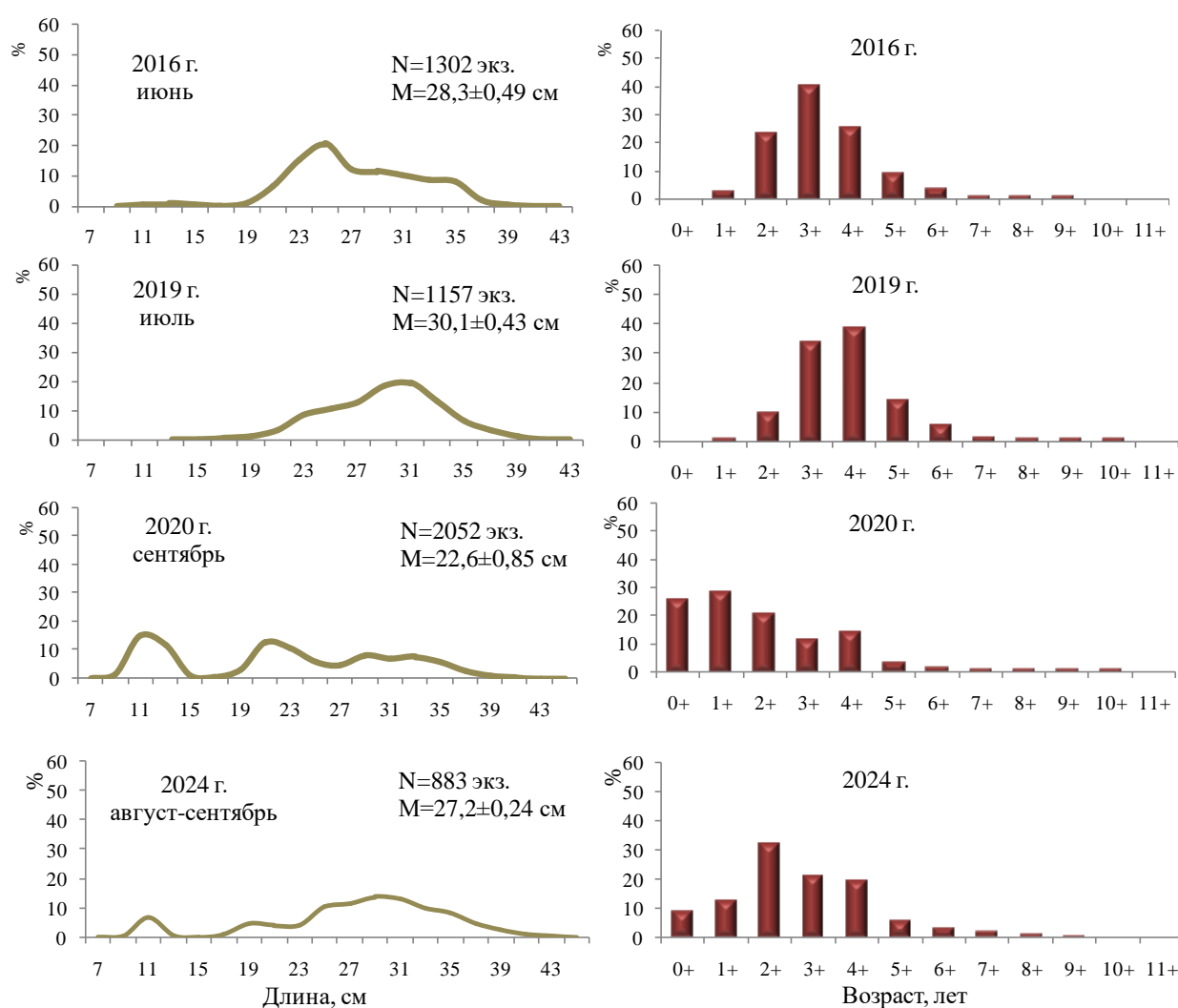


Рис. 4. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава наваги в Карагинской подзоне в уловах учетных донных траловых съемок

В июле 2019 г. молодые неполовозрелые особи в уловах практически отсутствовали. Так, если в июньских уловах 2016 г. молодь наваги размером до 20 см составляла 3,2% от учтенных рыб, то в 2019 г. — только 1%. Длина рыб в траловых уловах в этот период варьировала от 13 до 44 см. Доминировали особи длиной от 26 до 34 см, составив 70,5% от учтенных рыб. Средняя длина равнялась 30,1 см. Навага встречалась в уловах, в основном, в Карагинском заливе, тогда как в Олюторском заливе она практически отсутствовала.

В 2020 г. длина рыб в траловых уловах изменялась от 8 до 48 см, а доминировали особи нескольких размерных групп: 10–12 см (23,2%), 20–23 см (23,6%) и 28–33 см (22,9%). Средняя длина рыб составила 22,6 см, а средняя масса — 0,201 кг.

В 2024 г. длина наваги изменялась от 7 до 44 см. Выделялась модальная группа 25–33 см (59%). За счет присутствия в уловах более крупных рыб, по сравнению с результатами съемки 2020 г., средняя длина наваги увеличилась до 27,2 см.

Уловы учетных траловых съемок характеризуются самым значительным количеством молоди наваги. В 2016 г. многочисленными в уловах были рыбы 2012–2014 гг. рождения, доля которых составила 86,8%. Относительное количество рыб в возрасте 0+ и 1+ не превысили 2%. По данным съемки, проведенной в 2019 г., в уловах доминировали поколения 2015–2016 гг. (3+ и 4+), составившие 71%. Сеголетки и двухлетние особи (0+ и 1+) практически отсутствовали (0,3% от улова). В 2020 г. возрастную структуру траловых уловов отличало обилие молодых рыб в возрасте 0+ – 2+ лет, на долю которых пришлось более 72%. Основу улова составляли поколения средней численности 2018–2020 гг. рождения. Результаты работ в августе–сентябре 2024 г. также показали существенное присутствие в уловах молодых рыб в возрасте 0+–2+, однако, их доля снизилась до 51,3%. Доминирующей группой являлись трехлетние особи (2+) 2021 г. рождения. В уловах преобладала навага в возрасте от 2+ до 4+ лет, составляющая более 70% от учтенных рыб.

Летом младшие возрастные группы наваги (особенно сеголетки) сосредоточены в прибрежных лагунах, эстуариях и бухтах, недоступных для траловых работ. Очевидно, поэтому доля рыб младших возрастных групп в уловах 2019 г. была почти также мала, как и во время съемки 2016 г.

В результате модельных расчетов, на начало 2024 г. общий запас карагинской наваги в возрасте 2+ и старше составил 46,0 тыс. т, а нерестовый – 35,7 тыс. т. Кратко характеризуя динамику ресурсов наваги (рис. 5–7), отметим, что начавшийся в 2011–2012 гг. бурный рост ее биомассы (общей и нерестовой), связанный с появлением поколений высокой численности 2009–2012 гг., после 2015 г. сменился снижением. К 2024 г. нерестовый запас в сравнении с 2015 г. сократился более чем в 3 раза.

Коэффициенты промысловой смертности селективно полностью облавливаемых возрастных групп представлены на рисунке 8.

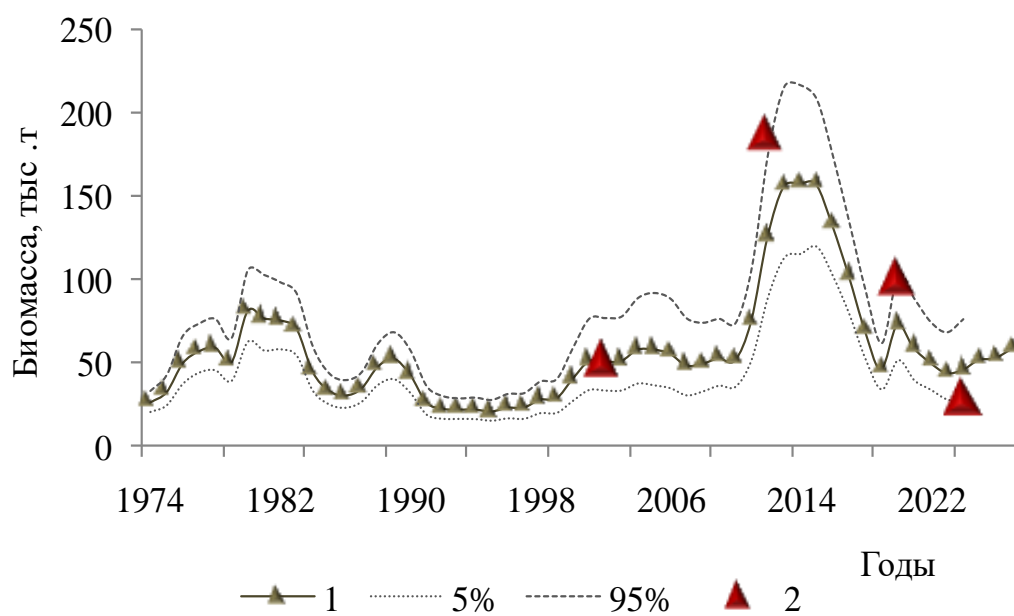


Рис. 5. Межгодовая динамика биомассы общего запаса (2–8 лет) по модельным оценкам (1) и данным траловых съемок (2)

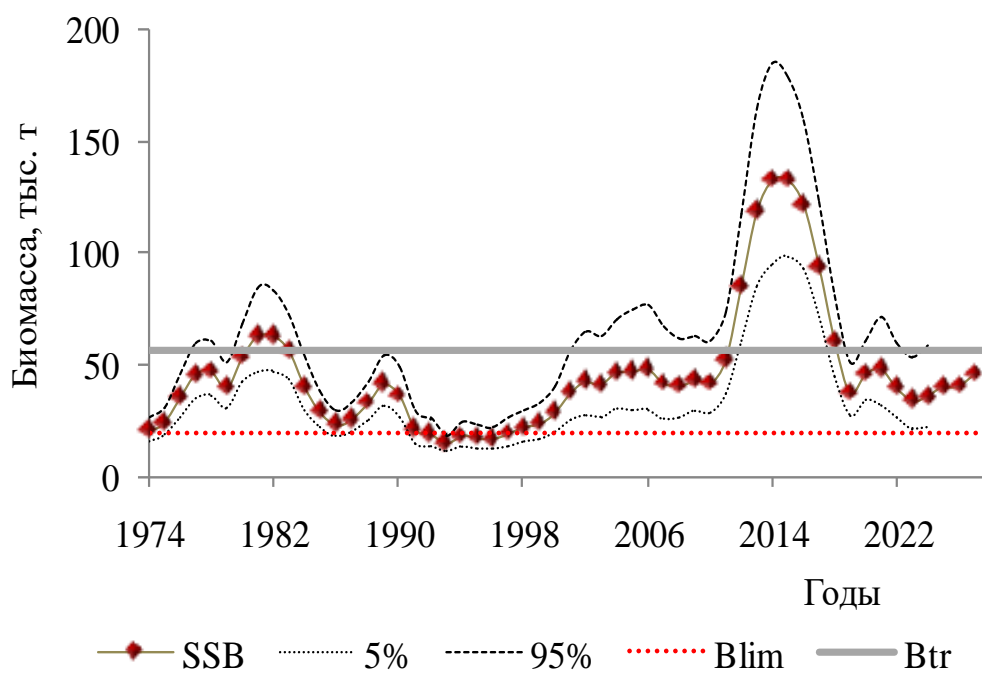


Рис. 6. Межгодовая динамика биомассы нерестового запаса (SSB) и процентиля бутстреп-распределения ее оценок

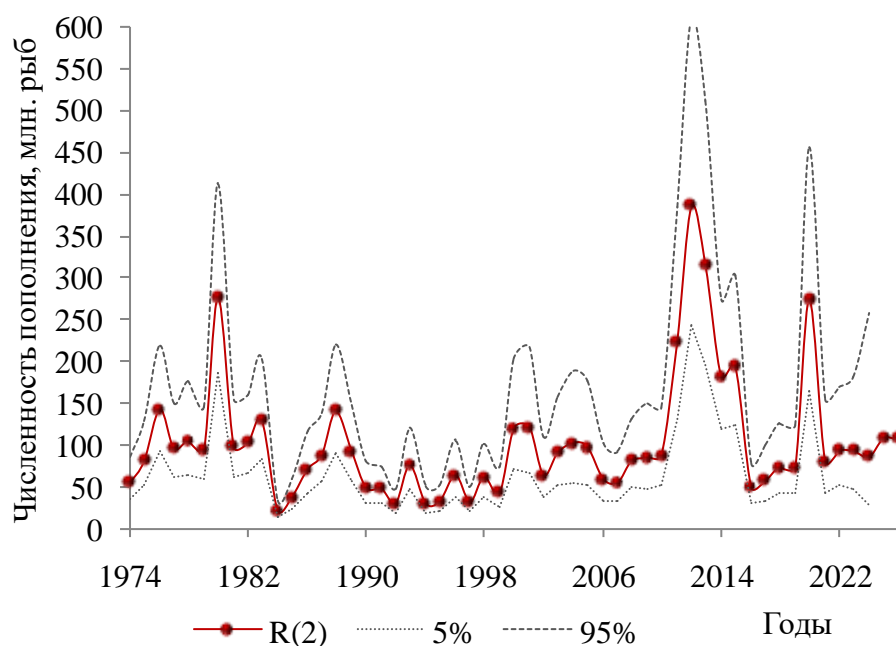


Рис. 7. Межгодовая динамика численности пополнения карагинской наваги и процентиля бутстреп-распределения ее оценок (среднемноголетнее пополнение – 102,237 млн экз.)

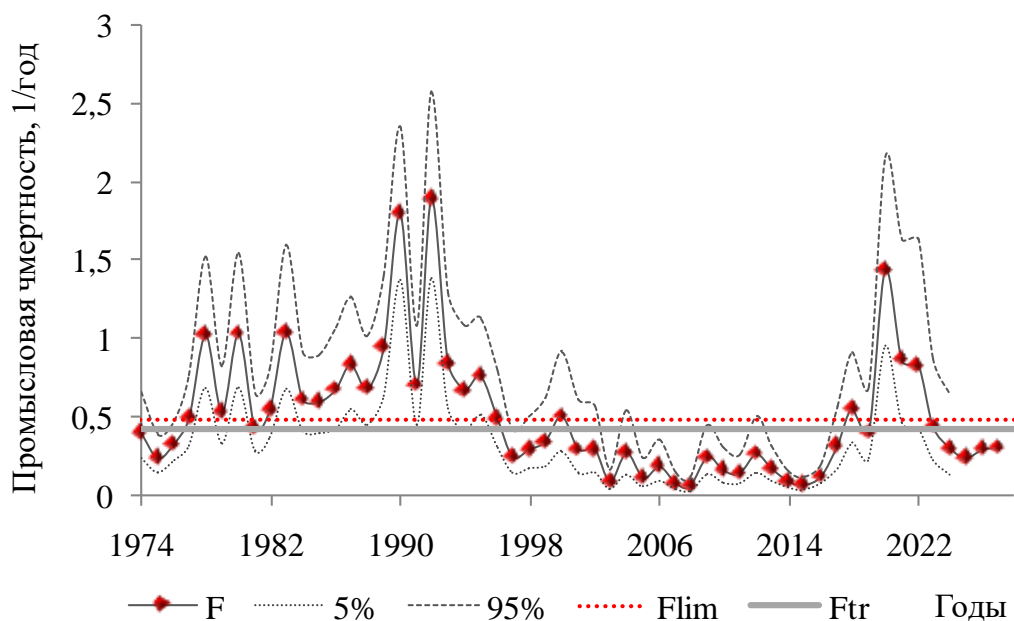


Рис. 8. Межгодовая динамика коэффициента промысловой смертности селективно полностью изымаемых рыб

Промысел. Зимнюю нерестовую навагу на северо-востоке Камчатки начали добывать в конце 20-х гг. прошлого века. Объёмы вылова были невелики. С 1937 г. они начали возрастать, достигнув 8,737 тыс. т в 1941 г. (рис. 9). В дальнейшем, с 1967 по 1992 гг., уловы были на довольно высоком уровне, достигая в некоторые годы более 10 тыс. т. Во второй половине 1990-х гг. навагу добывали в качестве прилова при тралово-снюрреводном промысле камбал и трески.

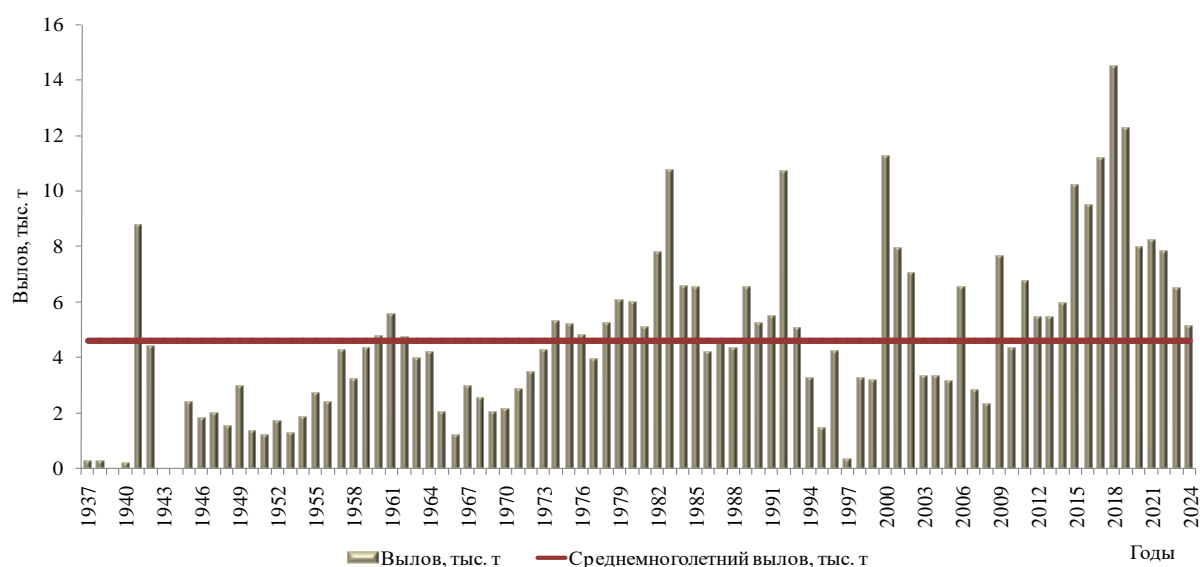


Рис. 9. Межгодовая динамика уловов дальневосточной наваги в Карагинской подзоне (среднегодовое значение — 4,6 тыс. т)

Среднегодовой вылов в этот период не превышал 2,5 тыс. т. В 2018 г. улов наваги достиг своего максимума за всю историю промысла — 14,5 тыс. т. За период с 1937 по 2024 гг. её вылов изменялся от 0,1 до 14,5 тыс. т при среднем значении, равном 4,6 тыс. т. За последние пять лет (2020–2024 гг.) средний улов наваги составил 7,1 тыс. т.

Освоение ОДУ в последние 10 лет варьировало в пределах 49,6–92,7%, составляя в среднем 68,9% (табл. 5). С 2020 г. вылов наваги резко снизился, а освоение ОДУ не превышало 65%. В 2024 г. в Карагинской подзоне добыто 5,074 тыс. т этого вида, что составляет 50,7% ОДУ.

Таблица 5
Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ наваги в Карагинской подзоне

Год	ОДУ, тыс. т	Общий вылов, тыс. т	Доля вылова снюрреводом от общего вылова, %	Доля вылова вентерем от общего вылова, %	Доля вылова донным тралом от общего вылова, %	Доля вылова разноглубинным тралом от общего вылова, %	Освоение ОДУ, %
2015	12	10,171	92,5	7,5	0	0	84,8
2016	12	9,467	90	10	0	0	78,9
2017	12	11,127	89,8	10,2	0	0	92,7
2018	16	14,489	98,3	0	1,7	0	90,6
2019	16	12,221	92,6	7,3	0,1	0	76,4
2020	16	7,928	84,7	13,8	0,7	0,7	49,6
2021	16	8,192	88,5	6,8	3,8	1	51,2
2022	16	7,966	72,9	12	9,9	5,2	49,8
2023	10	6,456	92,7	1,3	0	6	64,6
2024	10	5,074	99,2	0	0,7	0,1	50,7

Промысел наваги в Карагинской подзоне ведётся в декабре–апреле вентерями в бухтах Карага и Оссора и в мае–ноябре снюрреводами в Карагинском заливе с бортов мало- и среднетоннажных судов. В незначительных объемах её также добывают в качестве прилова разноглубинными и донными травами в течение всего года.

В 2024 г. в Карагинской подзоне вылов нерестовой наваги вентерями отсутствовал (табл. 5). К добыче этого вида суда снюрреводного лова приступили 19 мая. Наиболее результативным промысел был с третьей декады августа по третью декаду октября, а наибольший промысловый пресс пришёлся на период с первой декады сентября до середины октября, когда было добыто почти 76% общегодового улова. В этот период средний вылов за сутки всеми судами был равен 70,5 т. Далее, до конца года (в ноябре), средний улов снюрреводами за сутки составлял 8,9 т.

Среднегодовой улов наваги снюрреводом на судосутки в терминальном году составил 9,1 т, а количество судосуток на лову — 324 (табл. 6). Заметим, что высокий уровень промыслового запаса наваги и существенный рост интереса рыбопромышленников к добыче этого вида способствовали значительному увеличению в 2015–2019 гг. уловов на усилие (в среднем — 17,7 т/судосутки). Однако в 2024 г., как и в 2022–2023 гг., средний улов на судосутки по сравнению с 2018 г. снизился почти в 2 раза, что может косвенно свидетельствовать о начале снижения ресурсов этого вида. В 2024 г. количество усилий снизилось до рекордно низкого уровня, невысоким был и средний улов на усилие, что косвенно свидетельствует о снижении запасов объекта промысла. Этот факт нашел отражение в низком освоении ОДУ в 2024 г. (табл. 5).

Таблица 6

Межгодовая динамика количества судосуток на промысле снюрреводом и среднего улова на судосутки наваги в Карагинской подзоне

Год	Количество судосуток/год	Средний улов на судосутки, т
2015	557	17,8
2016	455	18,2
2017	606	15,8
2018	599	19,8
2019	606	16,9
2020	549	10,1
2021	380	11,6
2022	442	8,7
2023	493	9,5
2024	324	9,1

Как видно из рисунка 10, в исследуемые годы доля молоди наваги в снюрреводных уловах была невысока, а средняя длина до 2019 г. колебалась в пределах от 32,7 см до 35,8 см. Далее наблюдалось снижение средних размеров рыб. В целом, основу уловов в 2015–2024 гг. составляли рыбы длиной 30–36 см.

В 2024 г. в ходе специализированного снюрреводного промысла навага являлась целевым объектом промысла и встречалась в значительных объемах. Доля вида в уловах варьировала от 20 до 95%, составив в среднем 74,3%.

Длина рыб в уловах в среднем составляла 30,6 см, при минимуме 17 см и максимуме 41 см. Модальную группу составили особи длиной 29–31 см (40,5%) (рис. 10).

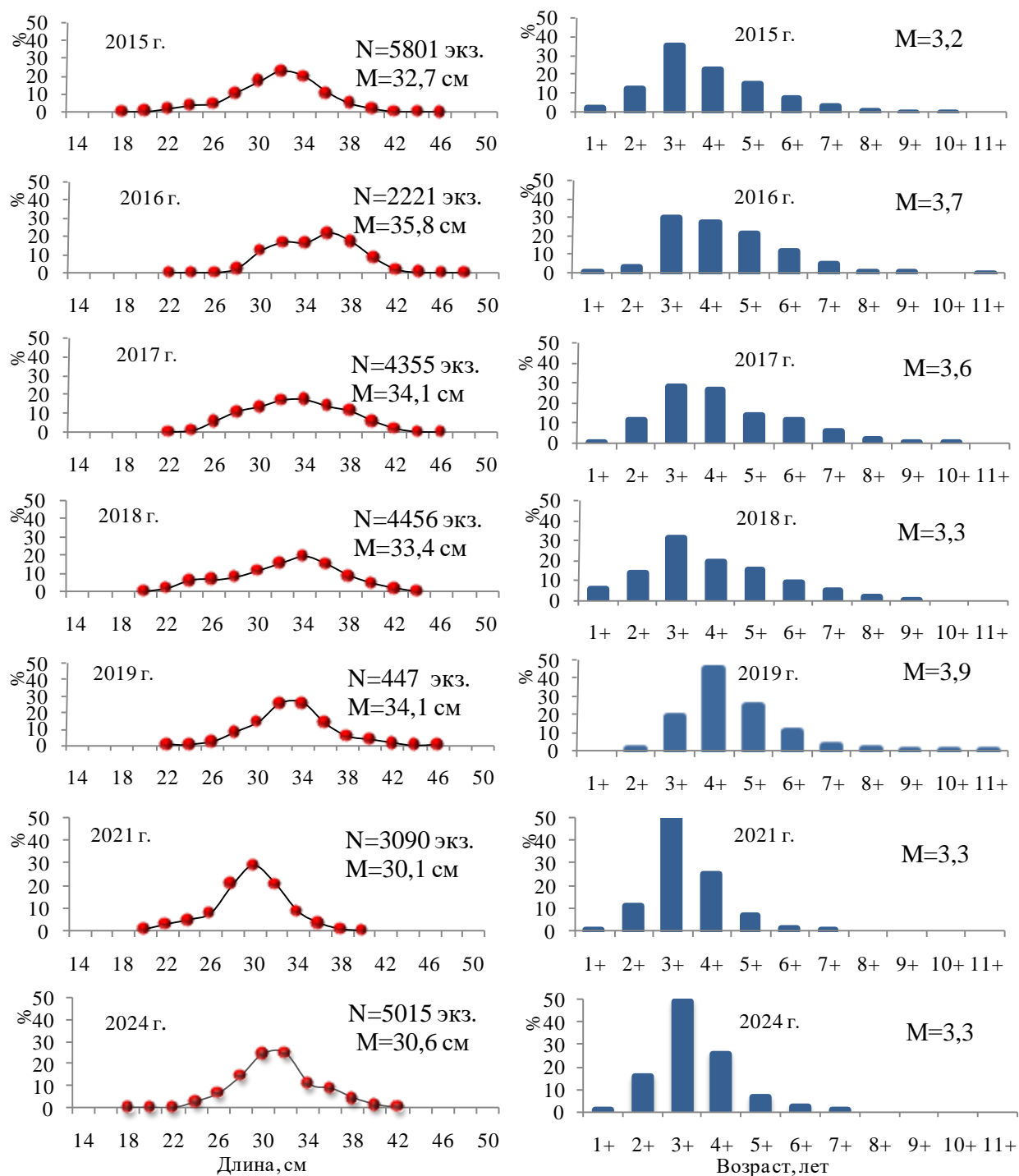


Рис. 10. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава наваги в Карагинской подзоне в снюрреводных уловах

В исследуемые годы доля трехлетних рыб (2+) колебалась от 0,2% (в 2019 г.) до 15,8% (в 2024 г.). Практически полное отсутствие в уловах в 2019 г. трехлетних особей и значительное увеличение доли взрослых рыб, возможно, являлось следствием того, что в прогнозе были использованы биологические данные, полученные в апреле. В посленерестовый период основное количество молоди наваги держится отдельно от взрослых особей, в отличие от осеннего периода – основного ежегодного времени сбора биостатистических материалов (рис. 10). В снюрреводных уловах, за исключением 2019 г., преобладали четырёхлетние особи (3+), составлявшие 28–47% от пойманных рыб. В 2024 г. их доля увеличилась до 54%.

Таким образом, в 2024 г. в промысловых уловах наибольшей долей отличалось поколение 2021 г. рождения (3+), составившее 54% от численности всех рыб. Значительную часть уловов составило также поколение 2020 г. рождения (4+) — 26% от пойманных рыб.

Определение биологических ориентиров

Ориентиры управления были определены в 2011 г. Остались они неизменными и в настоящем обосновании.

По кривой равновесного улова на рекрута (рис. 11) и из эмпирической зависимости «запас-пополнение» (рис. 12) были определены значения целевого ориентира по промысловой смертности $F_{tr}=F_{MED}=0,42$ 1/год и нерестовой биомассе $B_{tr}=SSB(F_{MED})=56,4$ тыс. т.

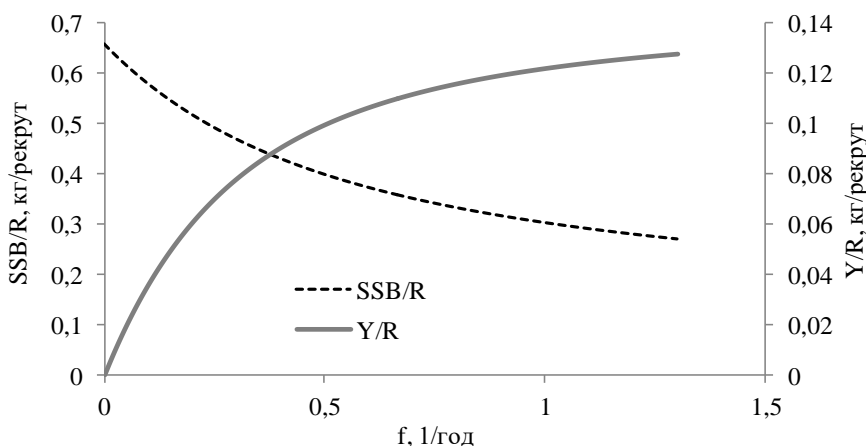


Рис. 11. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова на рекрута

В качестве граничного ориентира по промысловой смертности выбрали F_{lim} по эмпирической зависимости Кадди [Caddy, 1998] $F_{lim}=0,486$ 1/год. Значение F_0 приняли равным нулю.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным минимальному значению нерестовой биомассы за ретроспективный период с учетом неопределенности:

$$B_{lim} = B_{loss} \text{EXP}(t_{s90\%} \times \sigma) = 19,0 \text{ тыс. т, где:}$$

$$\sigma = 0,15 \text{ — стандартная ошибка } B_{loss},$$

$t_{s90\%}=1,645$ — коэффициент Стьюдента доверительной вероятности 90%.

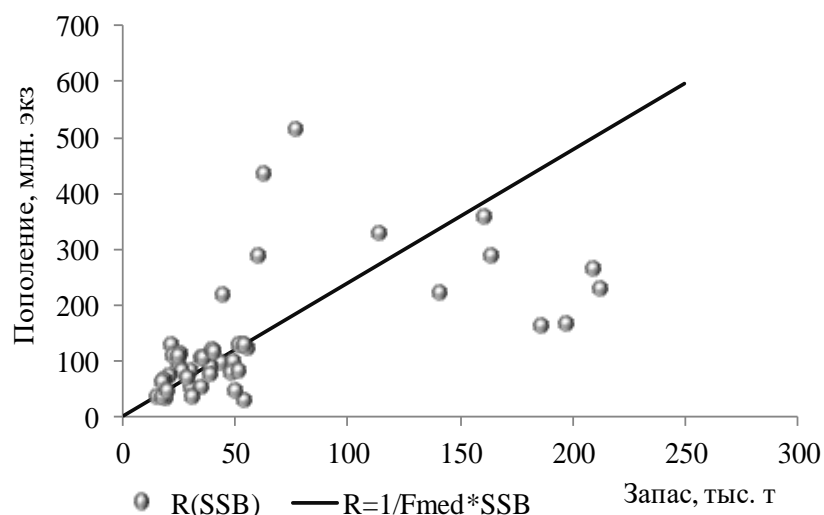


Рис. 12. Зависимость «запас-пополнение» у карагинской наваги

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали правило регулирования промысла (ПРП) карагинской наваги, цель которого — поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и его эксплуатация с постоянной интенсивностью на уровне F_{tr} . Схема ПРП представлена на рисунке 13.

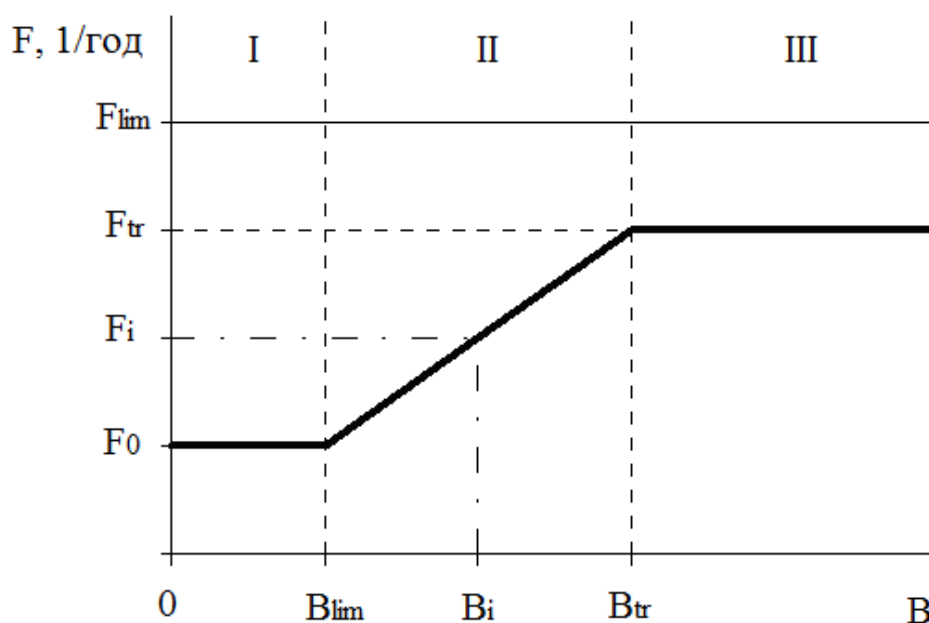


Рис. 13. Правило регулирования промысла карагинской наваги

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}), \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз состояния запаса карагинской наваги на двухлетнюю перспективу, как и в прошлые годы, выполнили по методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000].

Для прогнозирования запаса использовали те же соотношения (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. ($F=0,497$ 1/год) соответствует ОДУ, равному 10,0 тыс. т.

В качестве пополнения запаса на прогнозный период принимали среднюю за 10 последних лет численность 2-годовиков. По нашим прогнозам, численность пополнения (R (2)) в 2025–2026 гг. составит 107,2 млн экз.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса в 2025–2026 гг. (табл. 7). По нашим прогнозам, при пополнении на уровне среднего за последние 10 лет, после 2025 г. ожидается незначительный рост запасов карагинской наваги.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

На начало 2026 г. биомасса нерестового запаса составит 45,2 тыс. т, что соответствует области восстановления эксплуатируемого запаса (режим II на рис. 13). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности в 2026 г. составит 0,294 1/год.

Величину ОДУ на прогнозный год рассчитывали следующим образом:

$$ОДУ_i = F_{reg} \sum_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{reg})]}{M_j + s_j F_{reg}} \text{ [Бабаян, 2000]}, \text{ где:}$$

s_j — возрастные коэффициенты селективности, w_j — масса особей, M_j — МКЕС, $N_{i,j}$ — численность j -ой возрастной группы, F_{reci} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно ПРП, вылов карагинской наваги в 2026 г. может приблизительно составить 7,3 тыс. т.

Таблица 7

Оценки численности биомассы карагинской наваги на 2024–2026 гг.

	Возраст рыб, лет							Всего
2024	2	3	4	5	6	7	8	
Численность, млн экз.	86,29	56,80	27,80	8,25	7,42	0,43	0,11	187,1
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,035	0,164	0,272	0,293	0,295	0,295	0,295	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,623	0,550	0,491	0,474	0,465	0,456	0,456	
Биомасса, тыс. т	13,89	14,83	9,79	3,49	3,70	0,24	0,06	46,0
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	5,83	13,33	9,34	3,39	3,55	0,24	0,06	35,7
2025								
Численность, млн экз.	107,18	53,78	31,23	13,64	3,91	3,45	0,20	213,4
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,058	0,277	0,458	0,493	0,497	0,497	0,497	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,609	0,491	0,407	0,388	0,380	0,373	0,373	
Биомасса, тыс. т	17,26	14,04	10,99	5,77	1,95	1,95	0,11	52,1
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	7,25	12,62	10,49	5,61	1,87	1,90	0,10	39,8
2026								
Численность, млн экз.	107,18	67,29	30,59	16,21	6,87	1,94	1,67	231,8
Мгновенный коэффициент промысловой смертности, 1/год	0,035	0,164	0,272	0,292	0,294	0,294	0,294	
Коэффициент выживания с учетом промыслового изъятия	0,623	0,550	0,491	0,475	0,466	0,456	0,456	
Биомасса, тыс. т	17,26	17,56	10,77	6,86	3,43	1,09	0,94	57,9
Биомасса нерестового запаса на начало года, тыс. т	7,25	15,79	10,27	6,66	3,29	1,07	0,89	45,2
ОДУ, тыс. т	0,48	2,17	2,09	1,41	0,71	0,22	0,19	7,3

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является статистическое имитационное моделирование динамики запаса на длительный период времени (10 лет) при среднемноголетней величине пополнения и рекомендуемой согласно правилу регулирования промысла интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 14, при соблюдении ПРП запас карагинской наваги в ближайшие 10 лет с вероятностью 95% не выйдет за биологически безопасные границы.

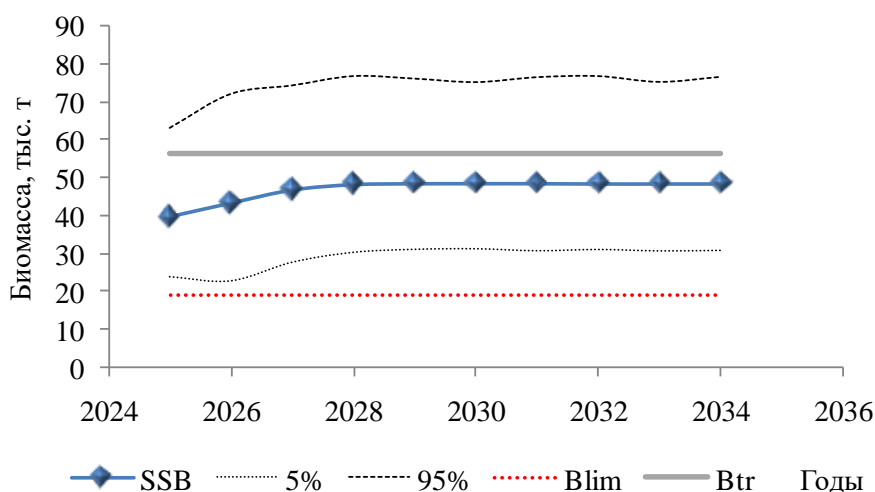


Рис. 14. Модельная динамика биомассы нерестового запаса карагинской наваги при рекомендуемой согласно правилу регулирования промысла интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперед, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ОДУ_{2025}, ОДУ_{2026})$. Проведенный риск-анализ показал, что риск перелова по пополнению и риск перелова по росту при рекомендуемой величине ОДУ карагинской наваги 7,3 тыс. т не превышает рекомендованный уровень $\alpha=0,2$ [Бабаян, 2000] (рис. 15).

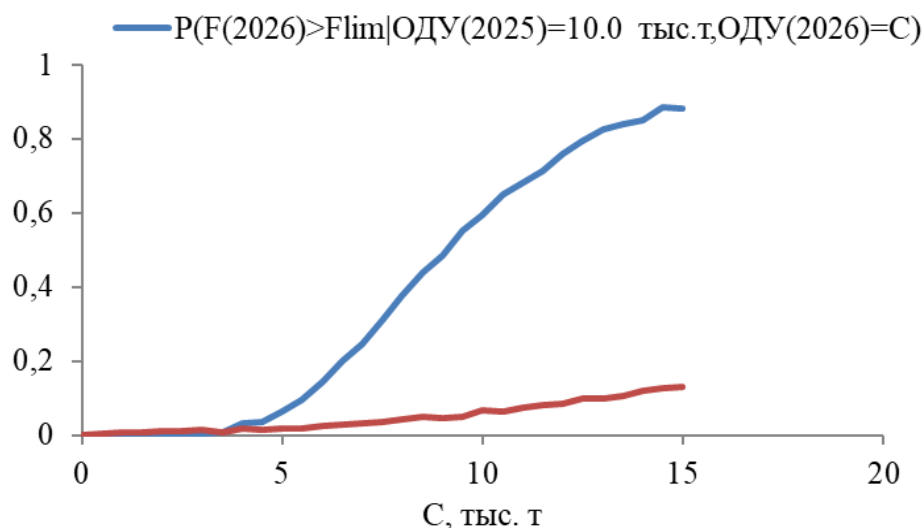


Рис. 15. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса карагинской наваги

Окончательный вид ПРП карагинской наваги с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2010 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 16.

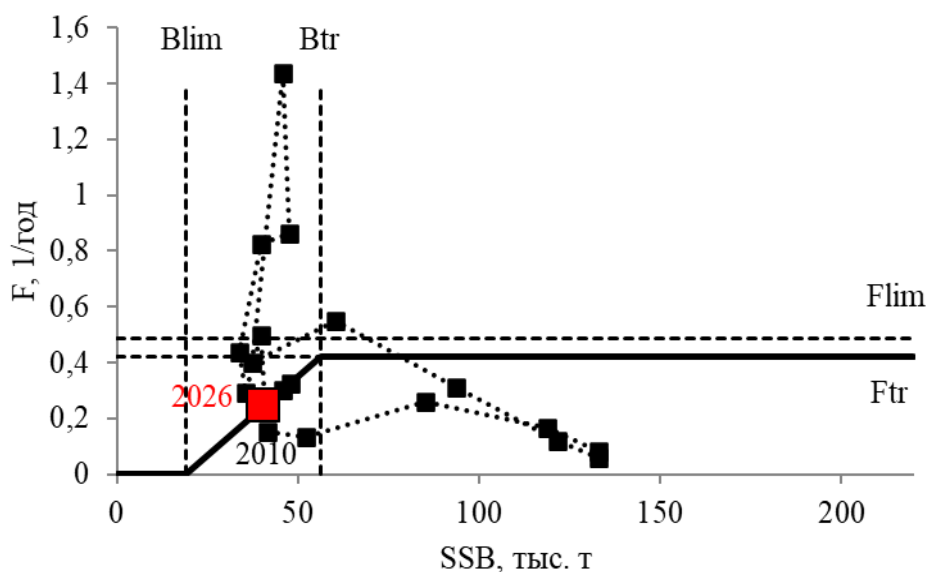


Рис. 16. Реализация правила регулирования промысла карагинской наваги

Принимая во внимание почти двукратное снижение ОДУ по сравнению с утвержденной величиной, считаем целесообразным на 2026 г. рекомендовать среднюю за последние 5 лет величину вылова, равную 7,3 тыс. т.

Таким образом, **ОДУ наваги в Карагинской подзоне в 2026 г. составит 7,300 тыс. т.**

61.04 - Зона Южно-Курильская

Исполнитель: А.В. Метленков («СахНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

Информационной основой для написания прогноза ОДУ наваги Южных Курил на 2026 г. послужили данные промысловой статистики ОСМ Росрыболовства за 2009–2024 гг., данные из промысловых уловов малых ставных неводов побережья о-ва Кунашир за 2009–2024 гг., данные донных траловых съемок на НИС «Дмитрий Песков» и «Профессор Пробатов» в 2008–2012, 2014, 2020 гг., НИС «Бухоро» в 2018 г.

Для анализа биологического состояния наваги использована информация 5978 ПБА и 48114 массовых промеров. В 2024 г. проанализировано 300 рыб, промерено 951 экз. наваги.

По информационному обеспечению прогноз ОДУ наваги Южных Курил можно отнести к I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104), так как имеются данные о размерной и возрастной структуре популяции, уловы на усилие (CPUE), данные учетных съемок.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Расчет численности и биомассы поколений, которые формируют запас наваги, выполняли математической моделью «Когортный анализ с фильтром Калмана» (КАФКА), разработанной для оценки структурированных по возрасту запасов гидробионтов [Михеев, 2016]. Модель КАФКА принадлежит к классу статистических когортных моделей, учитывающих наличие случайных факторов, влияющих на динамику численности запаса и на процесс лова [Gavaris, 1988; Methot, 1989; Васильев, 2001; Михеев, 2003]. Для разделения стохастического шума в оцениваемой системной переменной (численности запаса) и случайных погрешностей в наблюдениях (уловах на усилие) использован фильтр Калмана (ФК) [Kalman, 1960]. Таким образом, общая неопределенность раскладывается на ошибки в наблюдениях и шум в переменной состояния. Оценка состояния системы в ФК определяется как взвешенная сумма наблюдений по имеющимся источникам информации (орудиям лова, флотам, периодам промысла в многолетнем и сезонном варианте и т.п.) и основанного на модели прогноза. Доверительные интервалы оценок переменных состояния в этом случае сужаются приблизительно на величину взвешенного доверительного интервала наблюдений по имеющимся источникам информации. Это одно из преимуществ концепции ФК над классической концепцией «ошибок в переменных», используемой во многих современных когортных моделях [Schnute, 1994].

В модель «Кафка» были заложены данные, разделенные на четыре массива:

1. Таблица уловов по годам (столбцы) и возрастам (строки) в млн экз.;
2. Столбец абсолютных значений промысловой численности (млн экз.) по годам, оцененной по результатам учетной съемки (рис. 17). Расчет по данным траловых съемок был выполнен площадным методом, реализованным в ГИС «Картмастер» [Бизиков, 2007]. Для расчета выбран вариант сплайн-аппроксимации, расчет проводился внутри оконтуривания, проведенного по крайним станциям. Береговая линия обнулялась, с пропуском 5 точек;
3. Таблица уловов на единицу промыслового усилия (млн экз./усилие) по типам усилий (столбцы) и годам (строки) по данным промысловой статистики. В качестве промыслового усилия был использован вылов на судосутки по разным типам судов;
4. Столбец среднеголетних навесок (кг) по возрастам по данным биоанализов (табл. 8).

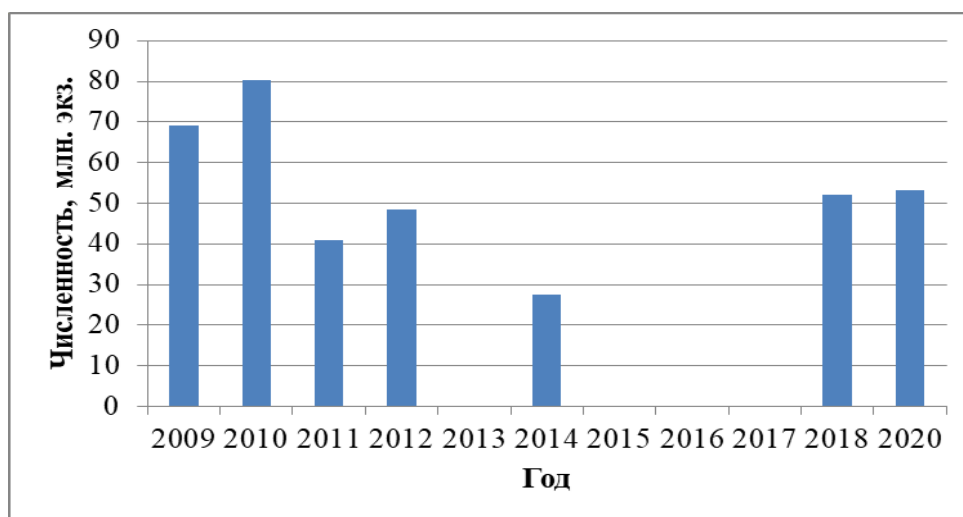


Рис. 17. Численность наваги в районе южных Курильских о-вов по данным траловых съемок в 2009–2012, 2014, 2018, 2020 гг.

Таблица 8

Среднеголетняя масса тела (W_t) наваги южных Курильских о-вов по возрастам за 2009–2024 гг.

Показатель	Возрастные группы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
W_t	0,08	0,21	0,34	0,47	0,65	0,70	0,84	0,91

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

В последние годы промысел наваги в районе Южных Курил развит довольно слабо. В силу специфики промысловой обстановки традиционный способ лова наваги вентерями не организуется. Судовой промысел, который обычно базируется на преднерестовых и нерестовых миграциях (ноябрь–февраль), в настоящее время также развит слабо, навага учитывается как прилов при промысле других видов рыб. Учитывая гидрологические и

метеорологические особенности промыслового района, основной вылов наваги судами в последнее десятилетие отмечается в декабре (рис. 18).

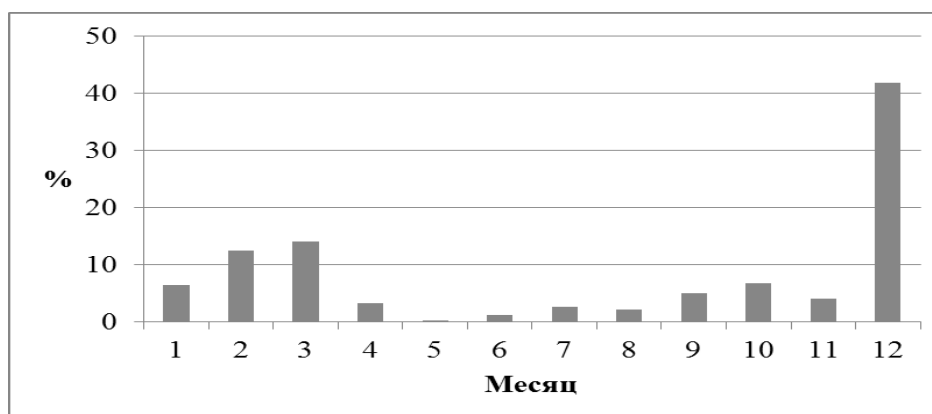


Рис. 18. Среднегодовое значение судового вылова наваги Южных Курил по месяцам за период с 2015 по 2024 гг.

В настоящее время относительно успешно лов наваги осуществляется в мае–июне ставными неводами у побережья о-ва Кунашир. В соотношении вылова бригадами прибрежного лова и судового промысла за последние 10 лет несколько преобладает активный промысел (55%), в то время как динамика по годам показывает, что соотношение вылова подвержено значительным изменениям (рис. 19). На распределение усилий влияет состояние популяции наваги: если в прибрежных уловах преобладает молодь не промысловой длины, то рыбаки вынуждены выпускать мелкую навагу. В судовых промысловых уловах доминируют крупные половозрелые особи.

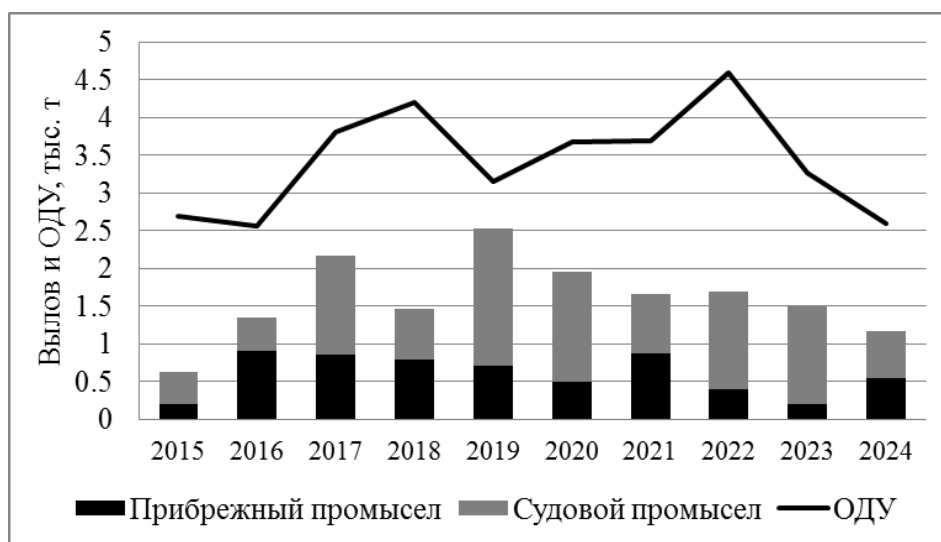


Рис. 19. Динамика судового и прибрежного вылова наваги в Южно-Курильской зоне в 2015–2024 гг.

Объем вылова наваги российскими рыбаками в 2015–2024 гг. изменялся от 1,18 тыс. т (2021 г.) до 2,315 тыс. т (2019 г.), в среднем составив 1,7 тыс. т (табл. 9).

Таблица 9

Освоение ОДУ наваги у южных Курильских островов в 2015–2024 гг.

Год	ОДУ, тыс. т	Вылов РФ, тыс. т	Вылов Японии, тыс. т	Освоение ОДУ, %		
				РФ	Япония	Суммарное освоение
2015	2,7	1,315	0,01	48,7	0,4	49,1
2016	2,56	1,287	0,01	50,3	0,4	50,7
2017	3,8	2,089	0,0162	55	0,4	55,4
2018	4,2	1,385	0,0098	33,0	0,2	33,2
2019	3,16	2,315	0,0089	73,3	0,3	73,5
2020	3,67	2,3	0,01252	62,7	0,3	63,0
2021	3,7	1,185	0,00882	32,0	0,2	32,3
2022	4,6	1,535	0,009	33,4	0,2	33,6
2023	3,26	1,844	-	56,6	-	56,6
2024	2,6	1,447	-	55,7	-	55,7
Среднее	3,4	1,7	0,009	50,0	0,3	50,3

В среднем освоение ОДУ российской стороной за 2015–2024 гг. составило 50,0%. Средний вылов японским флотом за период 2015–2024 гг. составил 0,009 тыс. т, или в среднем 0,3% от ОДУ.

В 2024 г. вылов Россией составил 1,447 тыс. т (55,7% от ОДУ), информацией по вылову японским флотом не располагаем.

В мае–июне в период промысла «разнорыбицы» малыми ставными неводами в уловах с 2015 по 2024 г. отмечаются рыбы длиной 14–45 см. В 2024 г. в уловах неводов линейные размеры изменялись от 14 до 42 см, в среднем составив 30,3 см. Преобладающую основу уловов составляют рыбы длиной от 26 до 32 см (74,3%) (рис. 20).

В уловах встречается навага в возрасте от 1 до 7 лет, но основу (54–88%) промысла обычно составляют две возрастные группы (2+, 3+). В отдельные годы возрастает доля рыб в возрасте 1+ (неполовозрелые) (2015, 2016 гг.). Особи старше 4 лет существенного значения в уловах не имеют (2,8–17%). В 2024 г. основу улова составили рыбы в возрасте 2+ – 53,4% (рис. 21).

Материалы по размерному составу, полученные с помощью учетных траловых съемок, и данные промысловых уловов ставного невода показывают ощутимо различающиеся результаты (рис. 22). В неводных уловах в 2020 г. в основном отмечена крупная рыба. В уловах учетной траловой съемки отмечено бимодальное распределение с доминированием молоди длиной 13–14 см.

По данным траловой съемки 2020 г. встречаемость наваги составила 59%, это наиболее высокая величина среди представителей тресковых. Навага была широко распределена в Южно-Курильском проливе и у зал. Касатка в диапазоне глубин 18–140 м. Основные скопления располагались в южной части Южно-Курильского пролива и к северо-востоку от о-ва Шикотан. Средняя плотность концентраций вида по всему

району обитания составляла 0,92 т/миллю² (в 2018 г. – 1,48 т/миллю²), его максимальная величина достигала 9,5 миллиу².

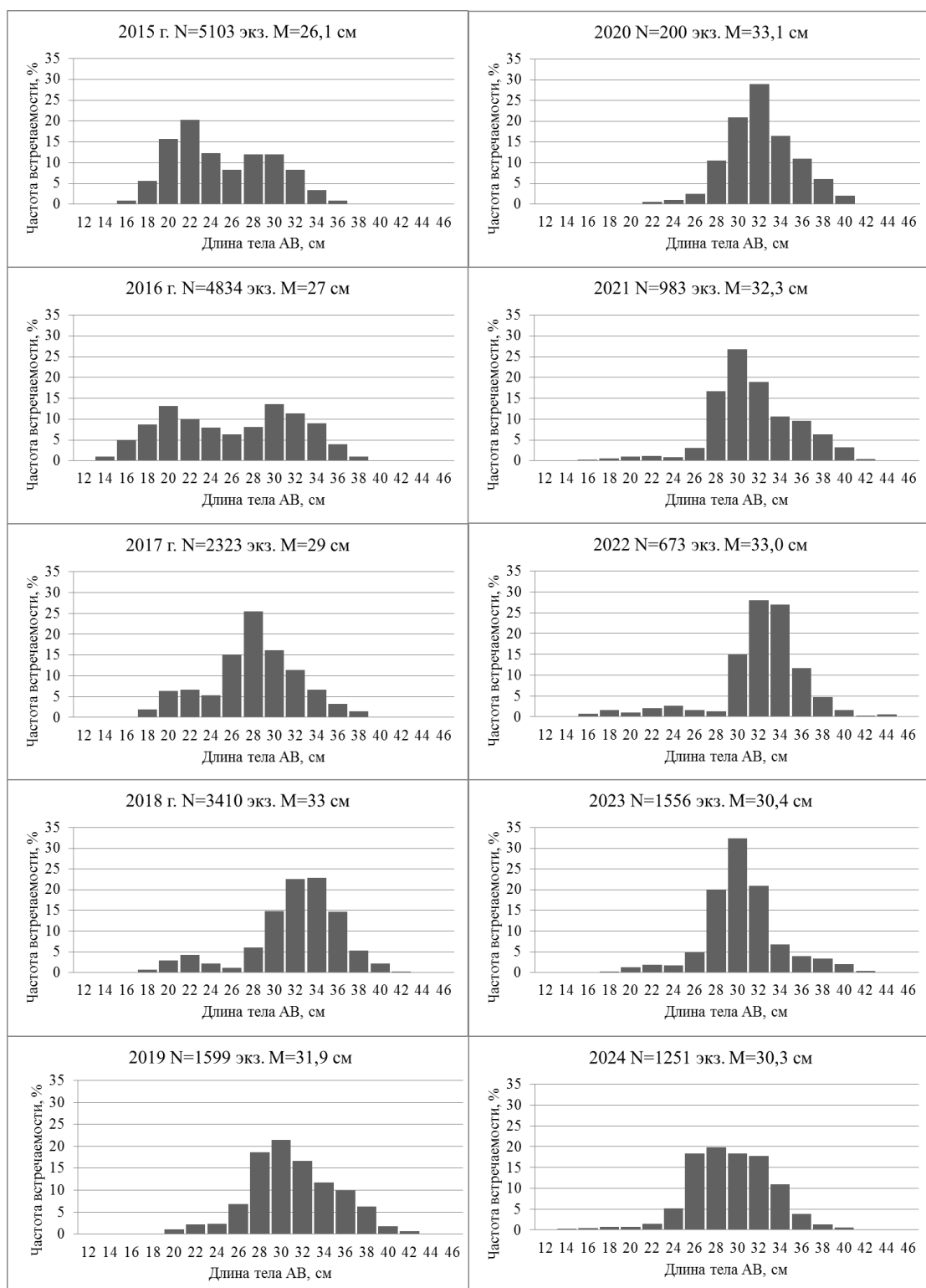


Рис. 20. Размерный состав дальневосточной наваги южных Курильских о-вов из уловов ставными неводами в мае–июне 2015–2024 гг.

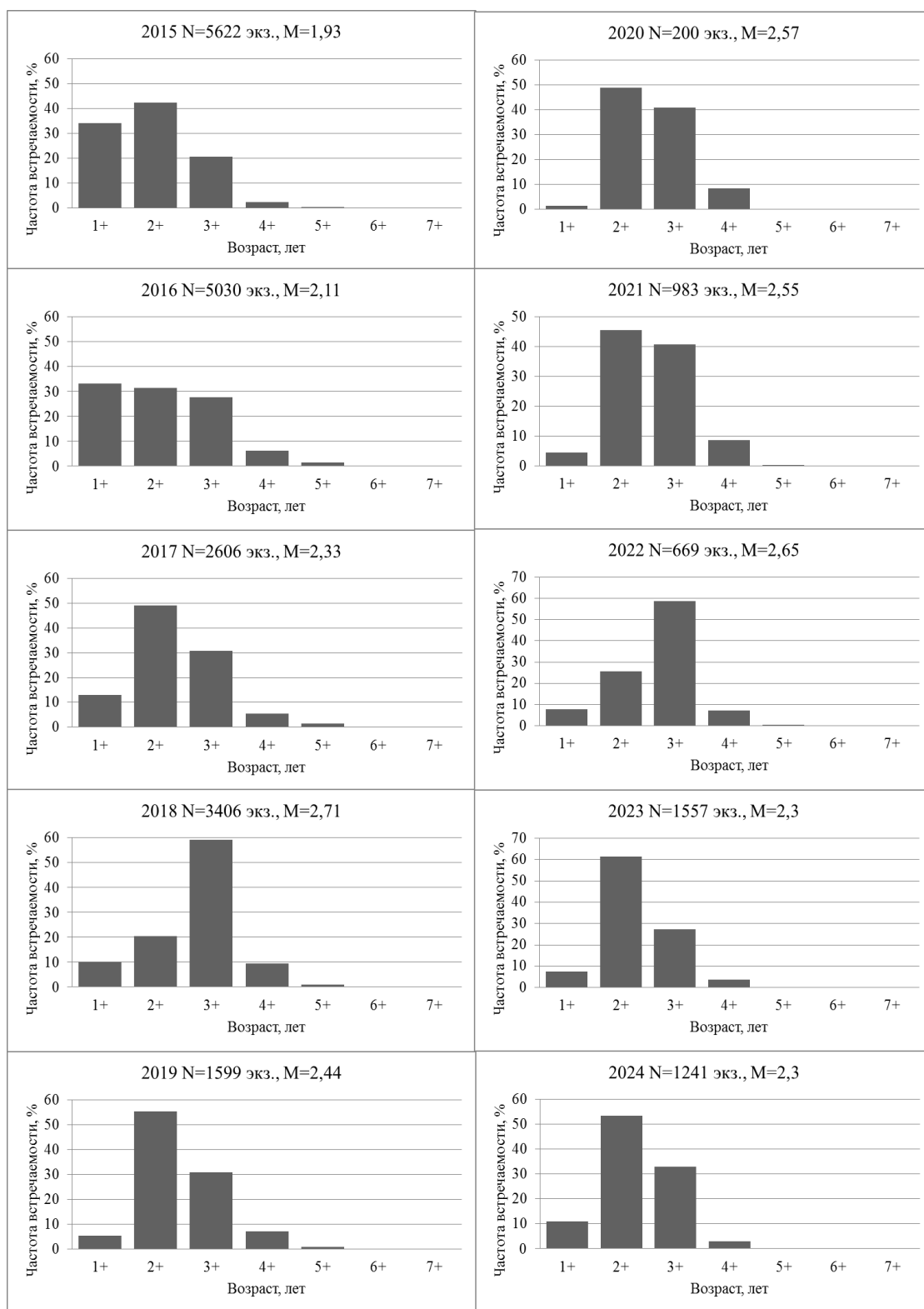


Рис. 21. Возрастной состав наваги Южных Курильских о-вов из уловов малых ставных неводов в 2015–2024 гг.

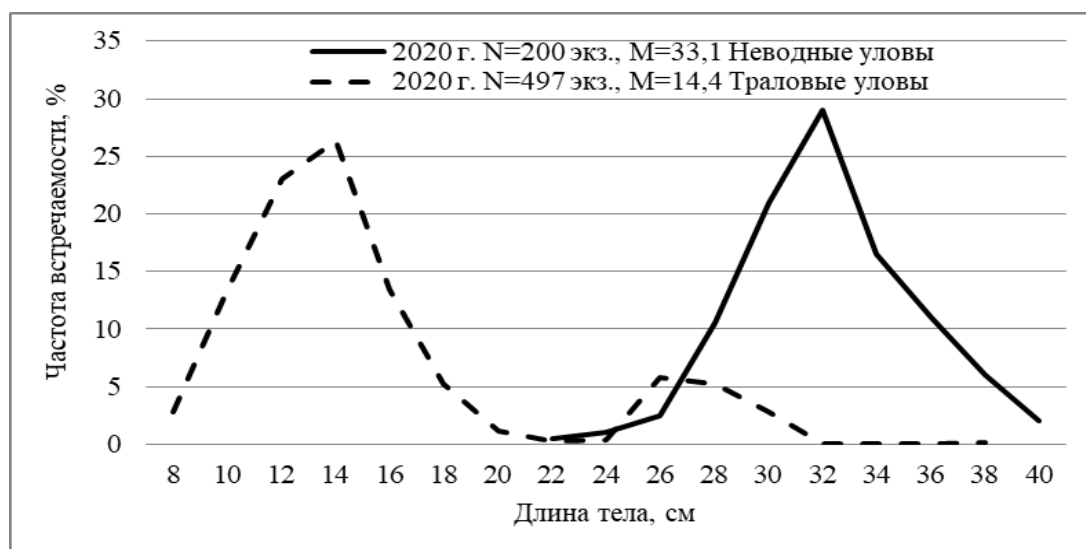


Рис. 22. Размерный состав наваги из уловов малого ставного невода в мае и донного трала учетной съемки, проведенной в октябре 2020 г.

Навага Южных Курил не испытывает значительного промыслового воздействия, что дает основания полагать, что динамика запаса обусловлена внутрипопуляционными причинами и факторами внешней среды.

По расчетным данным, минимальное значение биомассы наблюдалось в 2016 г. и составило 4,72 тыс. т, максимальное – в 2012 г. (41,44 тыс. т). Среднее значение биомассы наваги за период с 2009 по 2023 г. равняется 14,41 тыс. т (рис. 23).

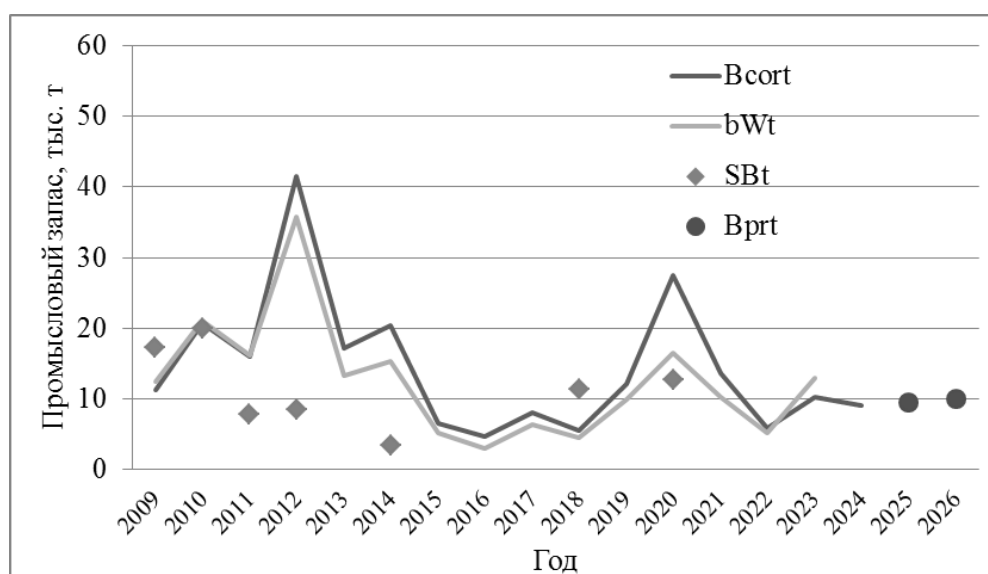


Рис. 23. Динамика скорректированных оценок запаса (Bcort, тыс. т) и ее прогноз (Bprt) до 2026 г. для наваги Южно-Курильской зоны по результатам модели КАФКА на фоне оценок учетных траловых съемок (SBt) и взвешенного индекса запаса (bWt)

Так как для наваги характерно формирование основы запаса несколькими, идущими подряд поколениям, есть все основания

предполагать, что в ближайшие годы основу запаса составят поколения 2023–2024 гг. рождения.

Определение биологических ориентиров

Для построения ПРП выполнили имитационное моделирование динамики запаса при различных уровнях промысловой нагрузки. Целевой ориентир по промысловой смертности определялся как максимум кривой оптимального изъятия (рис. 24), соответствующая ему биомасса послужила целевым ориентиром по биомассе. Граничный ориентир по промысловой смертности определялся как изъятие, при котором наблюдается устойчивая тенденция к снижению запаса. Граничный ориентир по биомассе принимался равным 20% от девственной биомассы, буферный – 20% от верхней доверительной границы оценки этой величины.

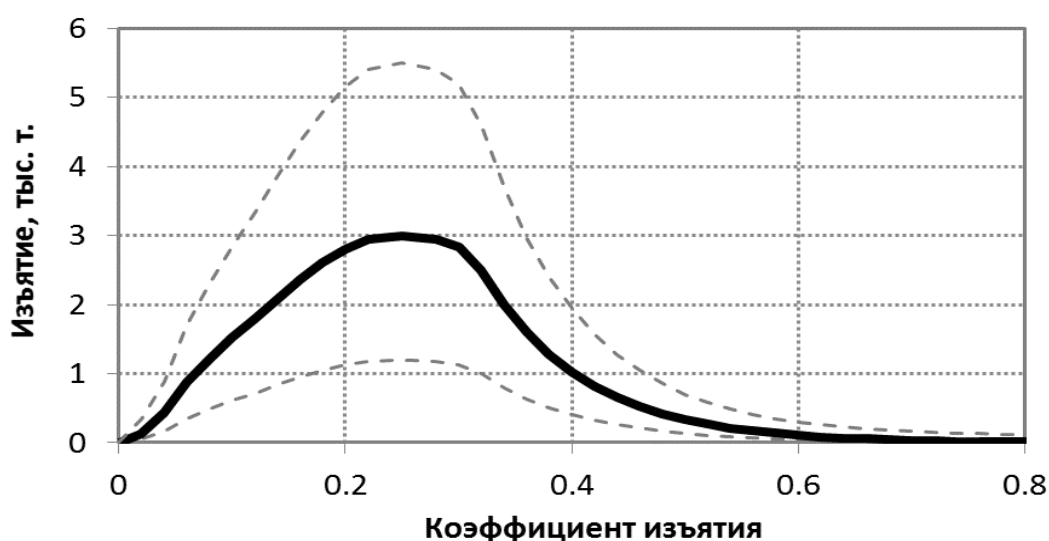


Рис. 24. Кривая оптимального изъятия, полученная по результатам имитационного моделирования

Таким, образом, ориентиры по биомассе были оценены следующими величинами: $B_{tr}=12$ тыс. т, $B_{lim}=2,4$ тыс. т, ориентиры по изъятию: $u_0=0,0005$, $u_{tr}=0,25$, $u_{lim}=0,4$.

Обоснование правила регулирования промысла

Для регулирования промысла наваги Южных Курил целесообразно использовать модификацию предосторожного подхода для сильно флюктуирующих запасов рыб [Бабаян, 2000]. Промышленный вылов этой единицы запаса за последние годы в среднем составляет порядка 50% от рекомендованного к освоению, влияние промысла не является лимитирующим фактором. В настоящее время в регуляции ее численности на первый план выходят внутрипопуляционные причины. Как известно, мощность промысловой части популяции наваги в первую очередь определяется вступлением в промысел высокочисленных поколений наваги. Поэтому рациональное использование запаса наваги подразумевает

сохранение воспроизводительной способности запаса, достаточной для того, чтобы не нарушать природную специфику динамики численности.

ПРП для запаса наваги Южных Курил в графической форме представлено на рисунке 25.

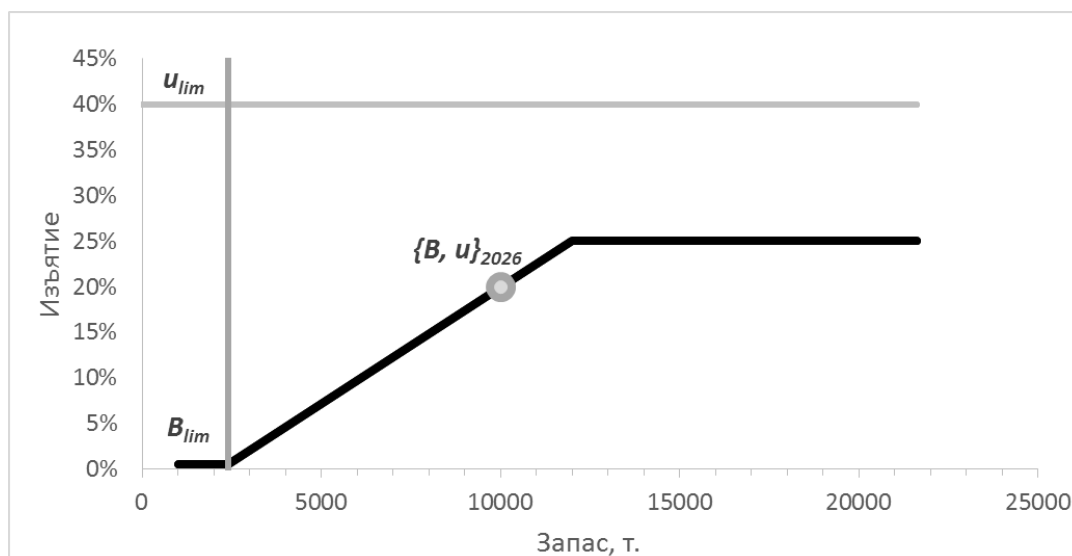


Рис. 25. Схема регулирования промысла наваги Южных Курил

Прогнозирование состояния запаса

Прогноз наваги на 2026 г. выполнен математической моделью «Когортный анализ с фильтром Калмана» (КАФКА). На данном этапе при помощи модели производили расчет вперед с учетом убыли численности поколений по возрастам и заданным выловом на один прогнозируемый год. Среднее изъятие в период с 2009 по 2024 г. равняется 1,5 тыс. т. Численность пополнения взята как среднемноголетнее за 2017–2024 гг.

Расчетная численность промысловой части популяции в 2026 г. прогнозируется в 55,9 млн экз., биомасса – 10,01 тыс. т.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

При прогнозируемой величине запаса равной 10,01 тыс. т, уровень допустимого изъятия составит 20% (рис. 25), что округленно соответствует 2,0 тыс. т. Таким образом, **ОДУ наваги в Южно-Курильской зоне в 2026 г. составит 2,000 тыс. т.**

Анализ и диагностика полученных результатов

Для оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, был проведен анализ рисков снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира и превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовалось программное обеспечение «ТАС», разработанное в «КамчатНИРО», которое на основе расчетов когортными методами, при сепарабельном представлении промысловой смертности, позволяет получить оценки вероятности «выхода» параметров

смертности и нерестовой биомассы за пределы граничных ориентиров управления промыслом. Для нахождения статистических характеристик оцениваемых параметров используется метод Монте-Карло.

Согласно полученным результатам (рис. 26) вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} и снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира SSB_{lim} на прогнозный год, при определении ОДУ наваги на 2026 г. на уровне 2,0 тыс. т не превышает уровень приемлемого риска 10–30% [Бабаян, 2000].

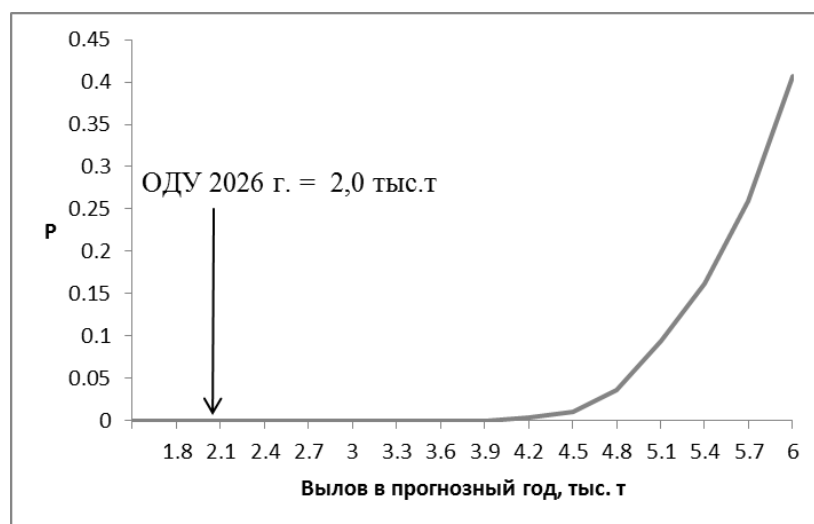


Рис. 26. Вероятность (P) превышения граничного ориентира (прямая линия) наваги Южно-Курильской зоны на 2026 г.

Также были оценены риски снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира, при различных уровнях годовой промысловой смертности. Расчеты показали, что при промысловой смертности, равной 0,2, риск снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира при изъятии на рекомендованном уровне отсутствует.

61.05 - Зона Охотское море

61.05.2 - Западно-Камчатская подзона

61.05.4 - Камчатско-Курильская подзона

Исполнители: О.В. Новикова, О.И. Ильин («КамчатНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Анализ доступного информационного обеспечения

В основу оценки состояния запасов наваги у Западной Камчатки в 2024 г., прогноза состояния запаса и обоснования ОДУ в 2026 г. положены следующие материалы:

— данные, полученные в результате исследований качественного и количественного состава промысловых снюрреводных уловов с судов типа МРС в мае–июне 2024 г. на береговых заводах, принадлежащих АО «Озерновский РКЗ №55» и АО «Витязь-Авто» (массовые промеры (МП) — 3782 экз., полные биологические анализы — 203 экз.);

— данные, полученные в результате исследований качественного и количественного состава промысловых снюрреводных уловов с п/б «Виктор Гаврилов» в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в январе–феврале 2024 г. (МП — 8849 экз.);

— результаты донной траловой съемки, выполненной на западнокамчатском шельфе в июле–августе 2024 г. на НИС «Профессор Кагановский» (рис. 27) (количество тралений — 214, МП наваги — 2692 экз.);

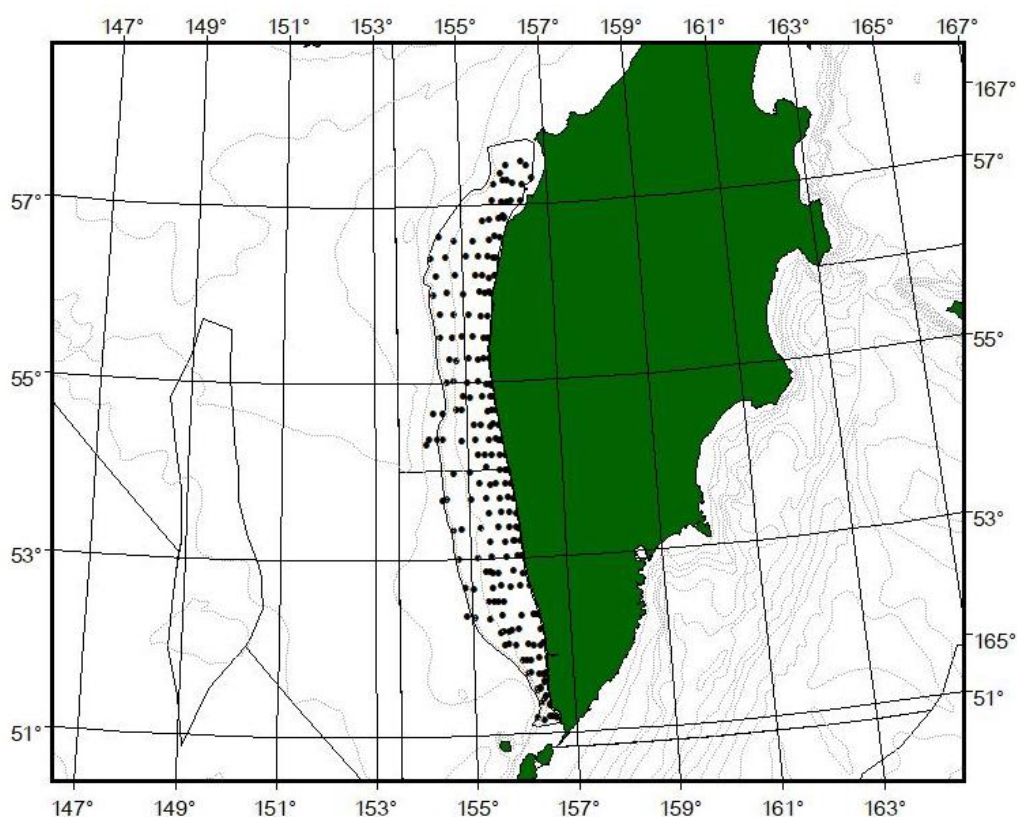


Рис. 27. Схема станций донной траловой съемки, выполненной у Западной Камчатки в июле–августе 2024 г. (обозначены границы стандартного полигона)

— многолетние промыслово-биостатистические данные, результаты донных траловых съемок с 1987 г.;

— данные из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ). Для доступа к ОСМ и первичной обработки данных применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

Следует отметить, что значительная часть годового вылова наваги у Западной Камчатки не отражается в судовых суточных донесениях (ССД) из

ОСМ, т.к. изымается судами, которые, согласно п. 16 правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных приказом Минсельхоза от 06.05.2022 г. № 285, не оснащены техническими средствами контроля (ТСК) и не подают ССД. В соответствии с п. 13.5 они представляют оперативную отчетность предприятий (ООП) по состоянию на 5, 10, 15, 20, 25 и последнее число каждого месяца не позднее суток после указанной даты. При этом ООП не содержит информацию о количестве выполненных промысловых операций, координатах лова. Учитывая вышеизложенное, сведения об общем вылове наваги получали по данным ООП, структуре промысла — ССД.

Сведения об общем вылове наваги в 2012–2023 гг., полученные ранее по данным из ОСМ, уточняли по сведениям из форм статистической отчетности 1-П (рыба), размещенным на сайте Росрыболовства [<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika>].

В соответствии с приказом Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104, минимальные требования к составу информации для I уровня являются: сведения о вылове по возрастным или функциональным группам и годам промысла, данные о средней массе, относительном количестве половозрелых рыб, коэффициентах мгновенной естественной смертности по возрастным группам. Результаты учетных съемок, данные промысловой статистики об уловах на единицу промыслового усилия и/или промысловых усилиях, стандартизованные с помощью статистических методов, представляют собой дополнительную информацию для настройки модели.

Для западнокамчатской наваги в настоящее время есть данные о вылове рыб по возрастным группам, начиная с 1987 г., сведения о среднемноголетней массе, доле половозрелых особей, мгновенных коэффициентах естественной смертности по возрастным группам, уловы на единицу усилия с 2003 г., результаты оценки общего запаса и возрастной состав рыб на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, начиная с 2000 г.

Таким образом, структура и качество доступного информационного обеспечения прогноза в полной мере соответствуют I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Согласно вышеупомянутому приказу, I уровень информационного обеспечения прогноза обязывает проведение всестороннего аналитического оценивания состояния запаса и обоснования ОДУ наваги в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах с использованием структурированных моделей эксплуатируемого запаса (когортные модели).

С 2011 и по 2023 гг. для оценки состояния запасов западнокамчатской наваги использовали статистическую когортную модель «Синтез» [Ильин и др., 2014]. В этом году применили новый подход — когортную модель в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром

Калмана [Ильин, 2022]. Эта модель учитывает ошибку процесса (модели) и превосходит применявшуюся ранее модель «Синтез» в точности оценивания состояния запаса по критерию накопленной среднеквадратической ошибки.

Предварительные расчеты и предыдущие оценки запаса западнокамчатской наваги показали, что наиболее предпочтительный вид моделируемой функции селективности – логистический:

$$s_{t,a} = \frac{1}{1 + \exp(-r_{1t}(a - r_{2t}))}.$$

При моделировании запаса наваги у Западной Камчатки предполагалось, что:

— мгновенные коэффициенты естественной смертности (МКЕС) постоянны и являются оцениваемым параметром модели, $M_{t,a} = M = \text{const}$;

— шум процесса для пополнения $\varepsilon_t^R \sim N(0, \sigma_R^2)$;

— шум процесса для коэффициента промысловой смертности $\varepsilon_t^F \sim N(0, \sigma_F^2)$;

— шумы процесса для параметров логистической функции селективности:

$$\varepsilon_{r1,t} \sim N(0, \sigma_{r1}^2), \quad \varepsilon_{r2,t} \sim N(0, \sigma_{r2}^2);$$

— шум процесса для уравнения динамики численности когорт $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \sigma_N^2)$, $\sigma_N = 0.01$;

— шум наблюдений для индекса промысловой биомассы I_t^1 (улов на единицу промыслового усилия) $\varepsilon_t^{I1} \sim N(0, \sigma_{I1}^2)$;

— шум наблюдений для индекса общей биомассы I_t^2 (учтенная общая биомасса по данным донных траловых съемок) $\varepsilon_t^{I2} \sim N(0, \sigma_{I2}^2)$;

— шум наблюдений для индексов численности I_t^{N2}, I_t^{N3} (учтенная численность 2х и 3х годовиков) $\varepsilon_t^{IN} \sim N(0, \sigma_{IN}^2)$;

— шум наблюдений для уловов по возрастным группам $\varepsilon_{t,a}^N \sim N(0, \Sigma_C)$. Зависимость от возраста рыб диагональных элементов ковариационной матрицы для уловов по возрастам Σ_C предполагается кусочно-квадратичной (в виде двух ветвей парабол с разным наклоном и общим минимумом), корреляционная структура матрицы Σ_C — типа авторегрессии второго порядка (AR(2)). Параметры, определяющие ковариационную матрицу, оцениваются в модели.

Для коэффициента естественной смертности западнокамчатской наваги выбрано априорное распределение $\ln M \sim N(0.35, 0.2^2)$, априорные распределения остальных оцениваемых параметров принимались неинформативными. Для неизвестных параметров шумов границы допустимой области оценок были определены отрезком $[0,0001; 1,0]$. Если при оптимизации целевой функции оценка какого-либо из параметров выходила на границу, его исключали из оцениваемых параметров, а значение параметра принимали равным этому граничному значению при окончательном расчете.

Априорная оценка вектора состояния основывается на предыдущих оценках состояния запаса этого объекта. Априорную ковариационную

матрицу ошибки оценивания задали в виде диагональной единичной матрицы:

$$R_0 = \text{diag} \left[\underbrace{1, \dots, 1}_{n_n=8}, 1, 0, 25, 0, 25 \right].$$

Алгоритм модели реализован специалистами «КамчатНИРО» в виде скриптов под статистический пакет R.

Исходные данные для модели следующие:

— вылов (млн экз.) западнокамчатской наваги по возрастам (2–9 лет) и годам (1987–2024 гг.) (подзоны Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская). Возрастной состав рассчитали по среднемуголетнему размерно-возрастному ключу, составленному по отолитным определениям возраста в 2011–2024 гг. (28393 экз.);

— среднемуголетняя масса рыб по возрастным группам (рис. 28, А);

— среднемуголетняя доля половозрелых рыб по возрастным группам, рассчитанная по результатам массовых промеров со вскрытием, выполненных в январе–марте (рис. 28, В);

— оценки общей биомассы наваги у Западной Камчатки в 2000–2011, 2014, 2020, 2022 и 2024 гг. по результатам донных траловых съемок, стандартизированные по полигону. В 2012–2013 гг. учетные съемки были выполнены только до глубин 100 м, поэтому, данные за эти годы не использовали, результаты съемки 2021 г. в отношении наваги признаны недостоверными, поскольку, очевидно, из-за малого количества станций запас был существенно недоучтен;

— данные об уловах на единицу промыслового усилия относительно малотоннажных судов, ведущих промысел снюрреводами в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах;

— возрастной состав западнокамчатской наваги (2–9 лет) и годам (2000–2011, 2014–2020, 2022 и 2024 гг.) на стандартном полигоне по результатам донных траловых съемок, выполненных у Западной Камчатки.

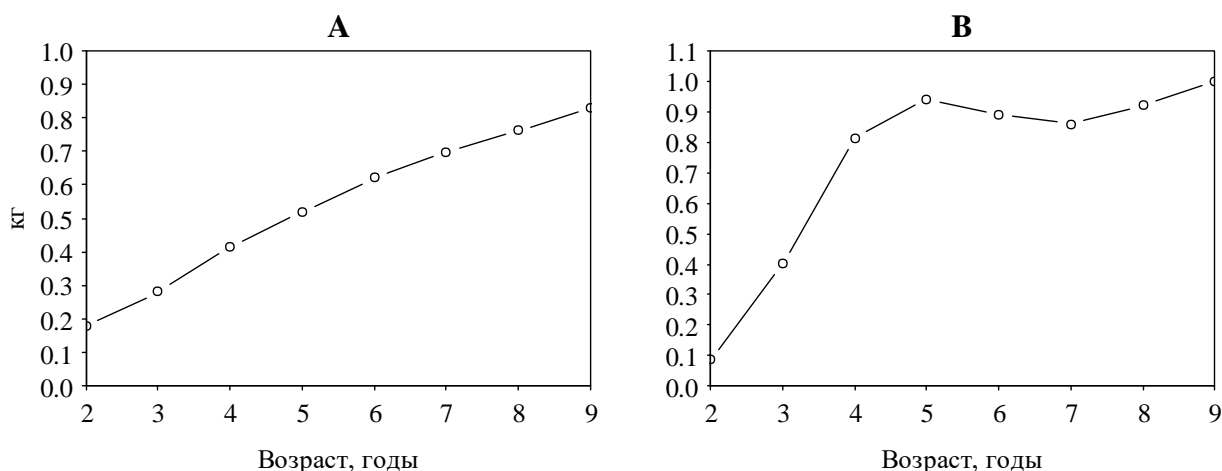


Рис. 28. Исходные данные для модельных расчетов. Среднемуголетняя масса (А) и среднемуголетняя доля зрелых рыб (В)

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Поскольку предполагается, что на западнокамчатском шельфе обитает единая популяция наваги [Шунтов, 1985; Борец, 1997; Новикова, 2007], то запасы этого вида рассматриваются на шельфе Западной Камчатки как единое целое. Эта точка зрения осталась неизменной и в настоящем прогнозе. Оценка запасов и определение вылова выполняется для всей популяции, а затем расчетное значение ОДУ распределяется между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами, исходя из прогнозируемого распределения запаса, особенностей промысла и распределения рыб в течение жизненного цикла.

Состояние запаса. Основываясь на данных многолетней промысловой статистики, в Камчатско-Курильской подзоне изымалось в среднем 70% улова наваги всей Западной Камчатки. Однако результаты донных траловых съёмок, проведённых на западнокамчатском шельфе, показали, что, начиная с 2005 г., происходило перераспределение биомассы этого вида между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами [Новикова, 2010]. В связи с этим, ежегодное формирование на шельфе районов промысловых концентраций наваги наибольшей плотности довольно неустойчиво. До 2016 г. основные её скопления были сосредоточены в Западно-Камчатской подзоне, в 2017 г. — в Камчатско-Курильской, а далее — вновь в Западно-Камчатской (рис. 29).



Рис. 29. Межгодовая динамика соотношения учтённой биомассы наваги в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах по результатам донных траловых съёмок, %

По результатам последней донной траловой съёмки, проведенной в 2024 г., скопления наваги повышенной плотности располагались вдоль всего шельфа на глубинах до 100 м (рис. 30). Уловы вида на 1 час траления варьировали от 0,022 до 3395,5 кг, при среднем значении около 271 кг. Доля вида по массе достигала 77,6% и, в среднем, составляла 10,0%. По всему району исследований плотность рыб составляла 6,830 тыс. экз/км² или

1,543 т/км². В межгодовом аспекте, средняя плотность наваги и по численности, и по биомассе в 2024 г. была выше, чем в 2022 г.

По данным донных траловых съёмок, увеличение общей биомассы наваги до аномально высокого значения в 2018 г., в 2019–2020 гг. сменилось ее постепенным снижением. Результаты учетных работ в 2024 г. показали, что биомасса наваги находится на уровне 2015–2017 гг. (рис. 31).

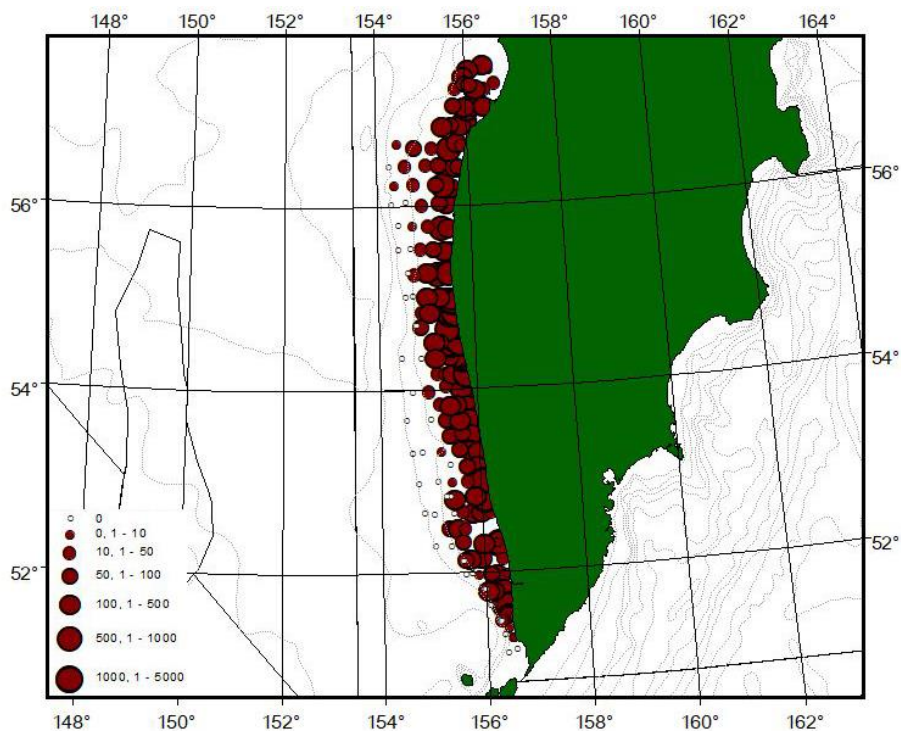


Рис. 30. Распределение уловов наваги у Западной Камчатки, по результатам донной траловой съёмки в июле–августе 2024 г., кг/час траления

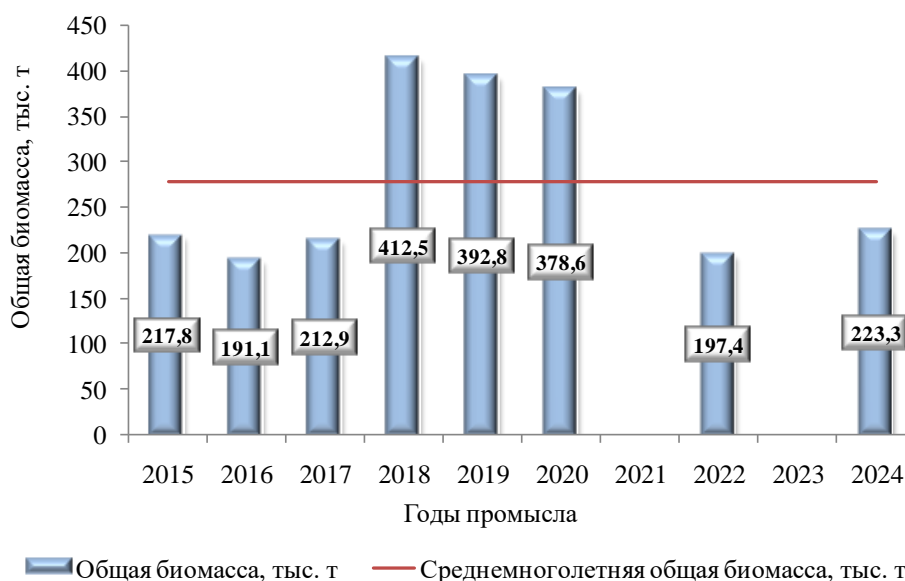


Рис. 31. Межгодовая динамика общего запаса биомассы западнокамчатской наваги, по результатам донных траловых съёмок (среднегодовое значение – 278,3 тыс. т)

В уловах учетным тралом размерно-возрастной состав наваги с 2015 по 2024 гг. изменялся весьма существенно (рис. 32).

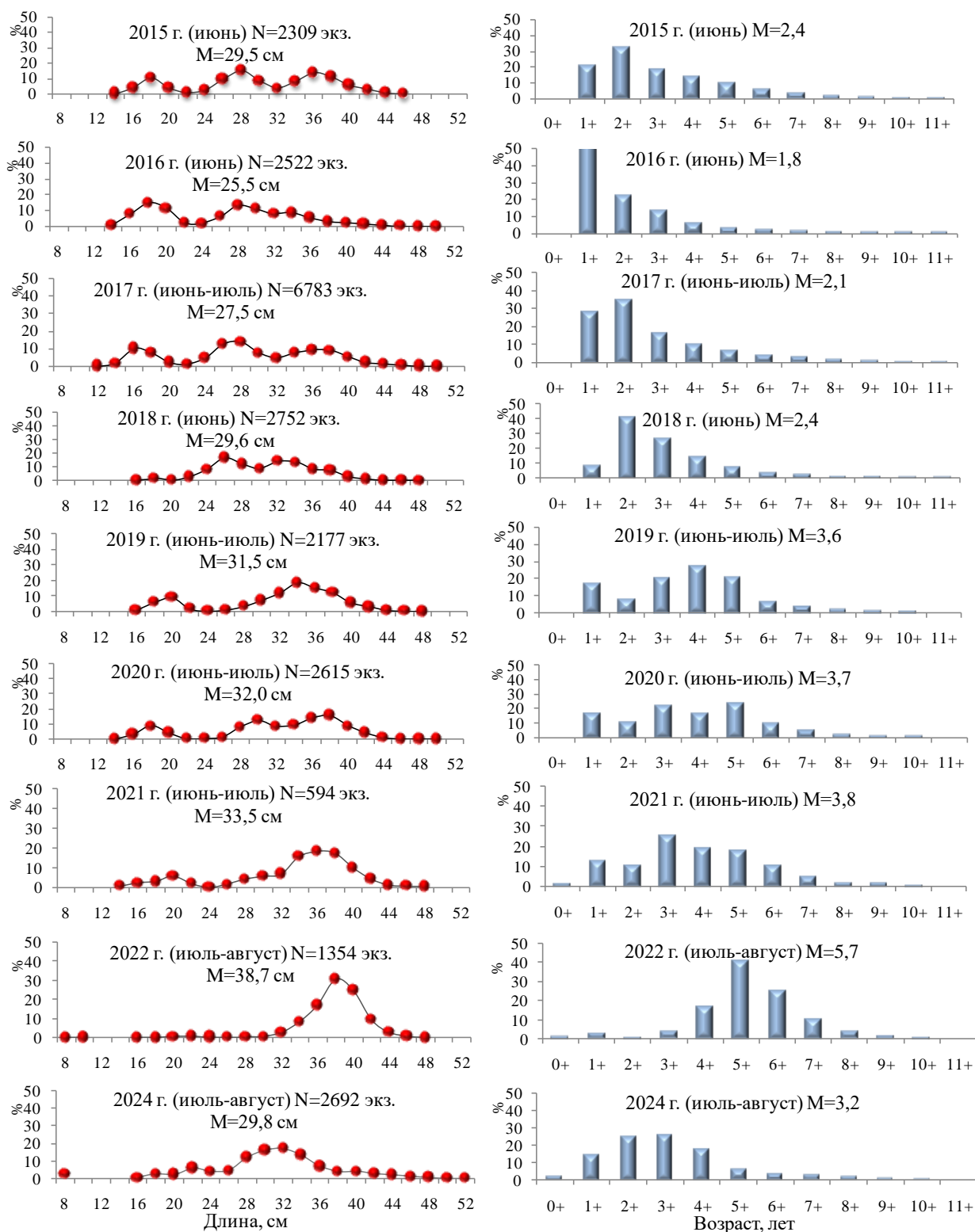


Рис. 32. Межгодовая динамика размерно-возрастного состава западнокамчатской наваги на стандартном полигоне по данным донных траловых съёмов

До 2016 г. преобладающей размерной группой являлись рыбы длиной 28–36 см, а возрастной – 2+–4+ лет. В 2016–2018 гг. прилов наваги в возрасте

двух и трех лет был максимальный, а в 2019–2021 гг. основными доминирующими группами были рыбы в возрасте 3+–5+ лет. В 2022 г. длина рыб изменялась от 6 до 48 см. Выделялась модальная группа 36–40 см (72,2%). В уловах преобладали особи от 4+ до 7+ лет, составившие около 90% от учтенных рыб. Доля однолетних и двухлетних рыб, по сравнению с 2020 г. (25,9%), составила около 2,5%. За счет большего присутствия в уловах старшевозрастных групп, средняя длина наваги увеличилась до 38,7 см. В отличие от донной съемки 2022 г., результаты работ в 2024 г. показали значительное присутствие в уловах молодых рыб в возрасте 0+–2+ (40,6%). Доминирующей группой являлись четырехлетние особи (3+). Преобладавшие в 2022 г. особи 4+–7+ лет, в терминальном году составившие около 30% от учтенных рыб. В связи с этим, средняя длина и возраст наваги сократились до 29,8 см и 3,2 лет, соответственно (рис. 32).

Основные результаты моделирования представлены на рисунках 33–37 и таблице 10. Согласно модельным оценкам, рост биомассы общего, нерестового и промыслового запасов (рис. 33А и В) западнокамчатской наваги, начавшийся в начале 2000-х гг. и продолжавшийся до 2020 г., закончился. Тем не менее, биомасса промыслового запаса, по модельным оценкам, находится на своем пике (рис. 33С). Однако урожайные поколения середины 2010-х гг. (рис. 34А) постепенно выходят из промысла. Генерации 2018–2020 гг. оцениваются по численности существенно ниже предыдущих, тем не менее, исходя из ретроспективных оценок пополнения (1989–2023 гг.), они также оцениваются как многочисленны. Численность поколений 2021–2022 гг., по имеющимся данным, сопоставима с численностью годовых классов середины 2010-х гг. Пресс промысла на запас западнокамчатской наваги в последние годы невысокий (рис. 34 В). В связи с вышесказанным, следует ожидать, что ресурсы западнокамчатской наваги в ближайшие годы будут снижаться, но останутся на высоком уровне.

Терминальное распределение численности наваги по возрастам представлено на рисунке 34С. Величина промыслового запаса наваги у Западной Камчатки в 2024 г. оценивается в 175,3 тыс. т, нерестового — 197,5 тыс. т.

О разбросе модельных оценок запаса в 2024 г. можно судить по рисунку 33С и статистическому распределению оценок общей и нерестовой биомассы в терминальный год, представленному на рисунке 35.

Изменение во времени параметров функции селективности промысла иллюстрирует рисунок 36. Тренд на увеличение параметра функции селективности r_2 (рис. 36В) (возраст 50%-ой селективности) говорит о тенденции к уменьшению селективности в отношении младших возрастных групп наваги во времени, второй параметр r_1 практически не изменялся (рис. 36А). Модельная динамика коэффициентов селективности представлена на рисунке 37.

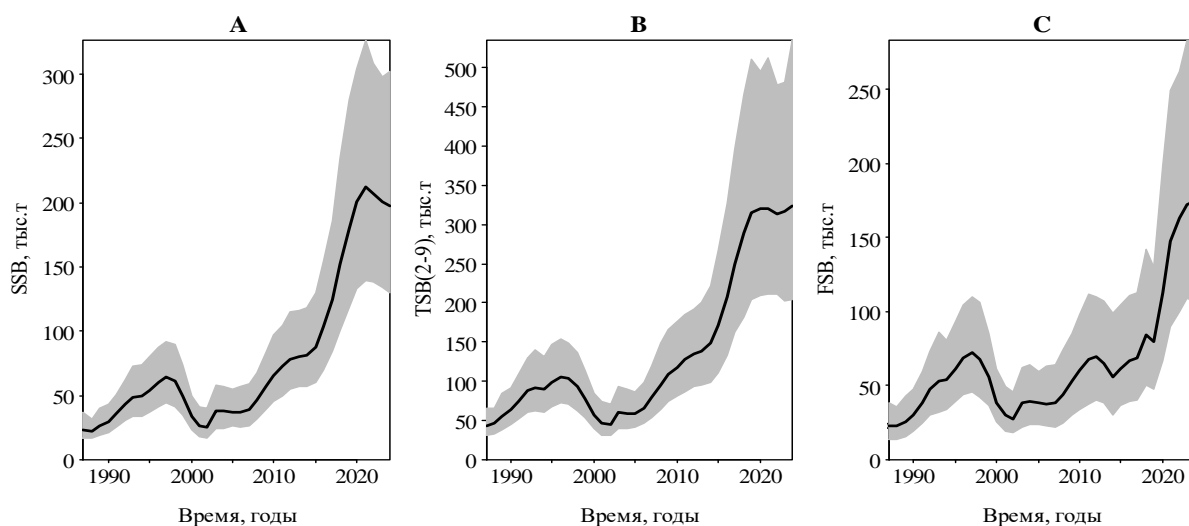


Рис. 33. Модельные оценки нерестовой биомассы (А), общей биомассы в возрасте 2–9 лет (В) и промысловой биомассы (С). Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы

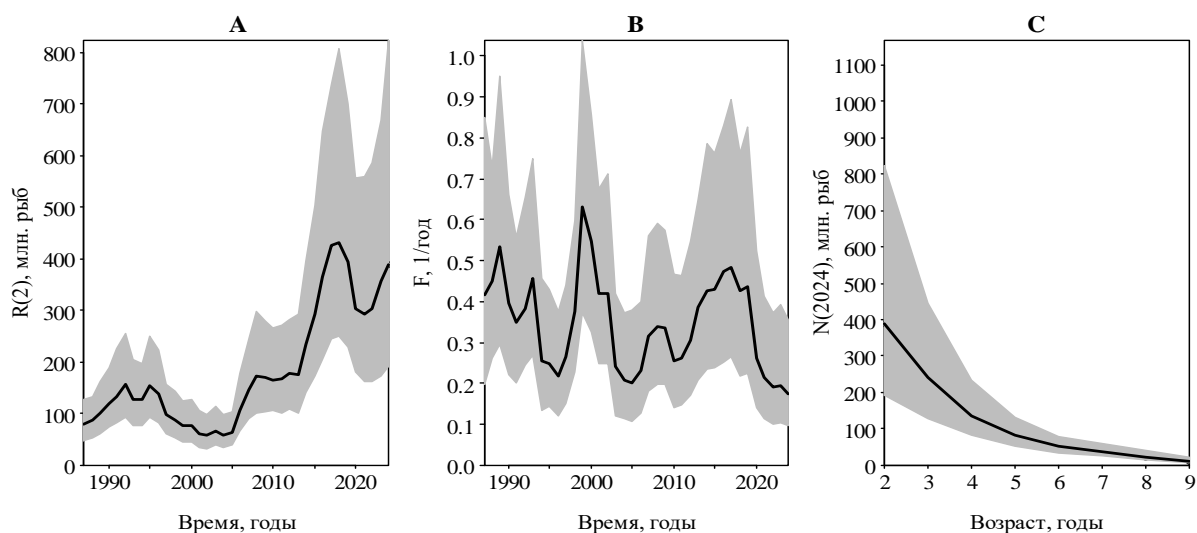


Рис. 34. Модельные оценки пополнения (А), коэффициента промысловой смертности (В) и терминальной численности запаса по возрастам (С). Серым цветом выделены 90% доверительные интервалы

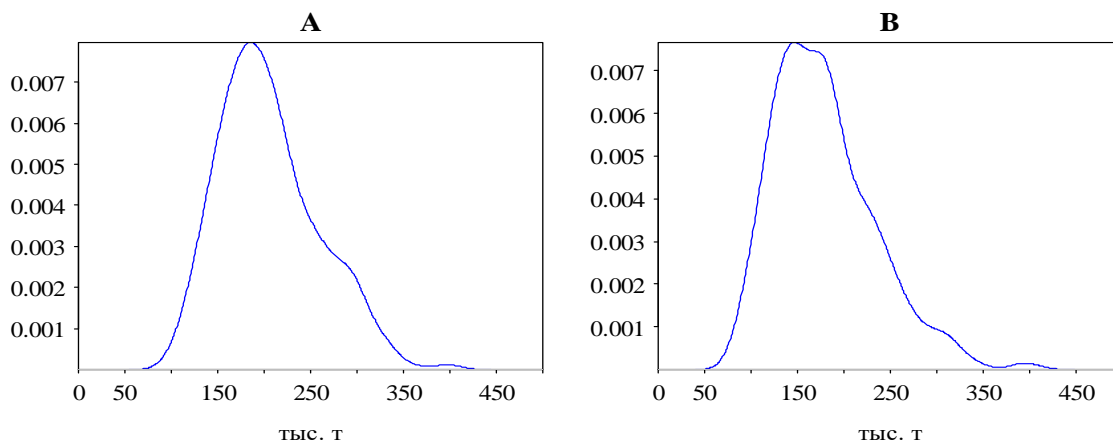


Рис. 35. Модельное распределение оценок нерестовой (А) и промысловой (В) биомассы на начало 2024 г.

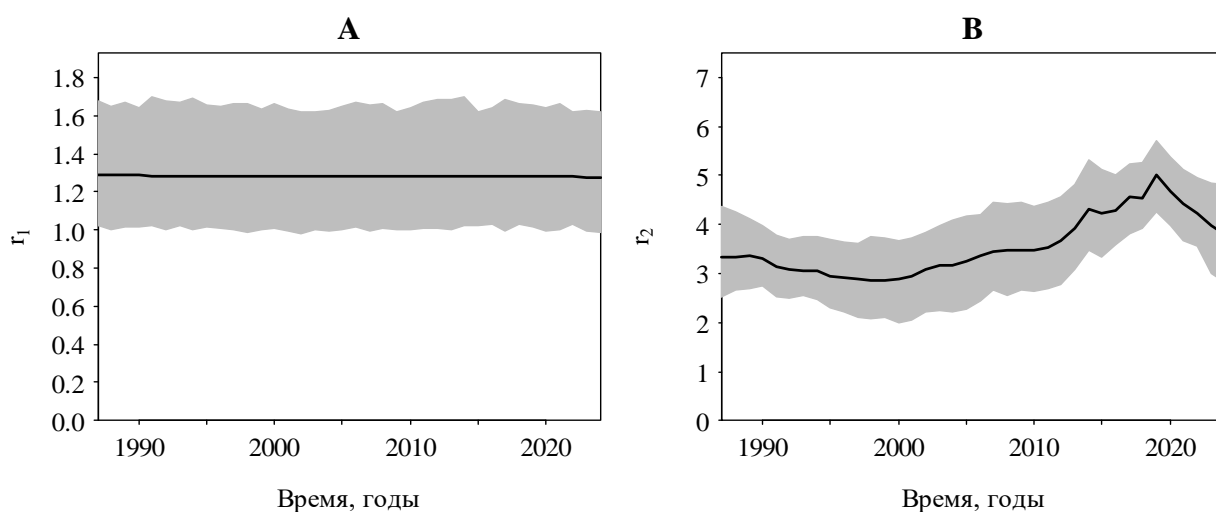


Рис. 36. Модельные оценки параметров логистической функции селективности. Серым цветом выделены 90% доверительные границы

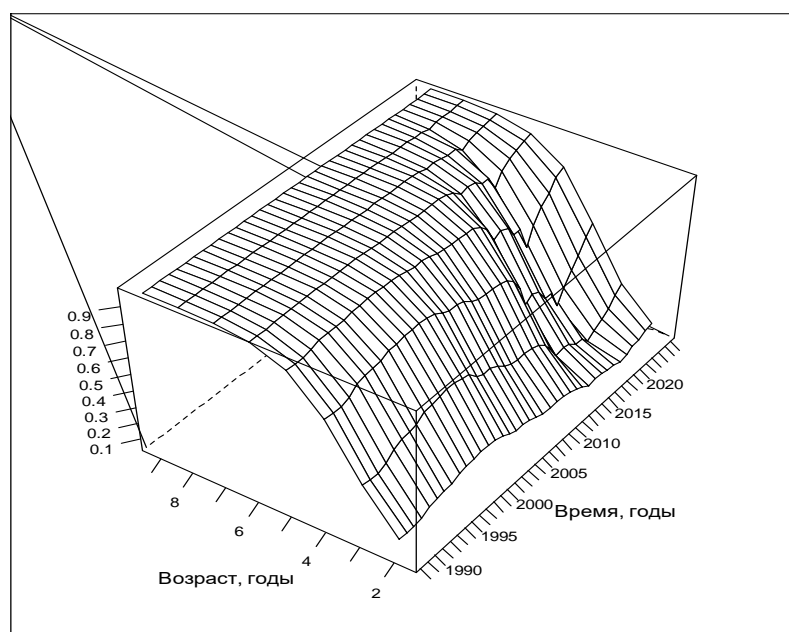


Рис. 37. Модельные оценки коэффициента селективности

Таблица 10

Оценки параметров модели и их коэффициенты вариации (CV)

Параметр	Оценка	CV	Параметр	Оценка	CV
q_1	0,088	0,304	σ_0	0,472	0,117
q_2	0,400	0,232	A	0,131	0,350
q_{N2}	0,173	0,346	B	0,024	0,363
q_{N3}	0,442	0,315	σ_{I1}^2	0,020	0,689
σ_F^2	0,138	0,636	σ_{I2}^2	0,313	0,295
σ_{r1}^2	0,0001	—	$\sigma_{N2,3}^2$	1,000	—
σ_{r2}^2	0,007	0,850	M	0,373	0,146
σ_R^2	0,058	0,397	φ	0,496	0,080
a_0	4,886	0,074	ρ	1,998	0,219

На рисунке 38 представлены логарифмические отклонения между наблюдаемыми уловами по возрастным группам и их «наилучшим приближением», полученным с помощью сглаживающего фильтра. Наибольшая погрешность аппроксимации – в младших возрастах. Межгодовая динамика наблюдаемых и модельных значений индексов промыслового и нерестового запасов, I_t^1, I_t^2 , а также индексов численности 2-х и 3-х годовиков, I_t^{N2}, I_t^{N3} , представлена на рисунке 39.

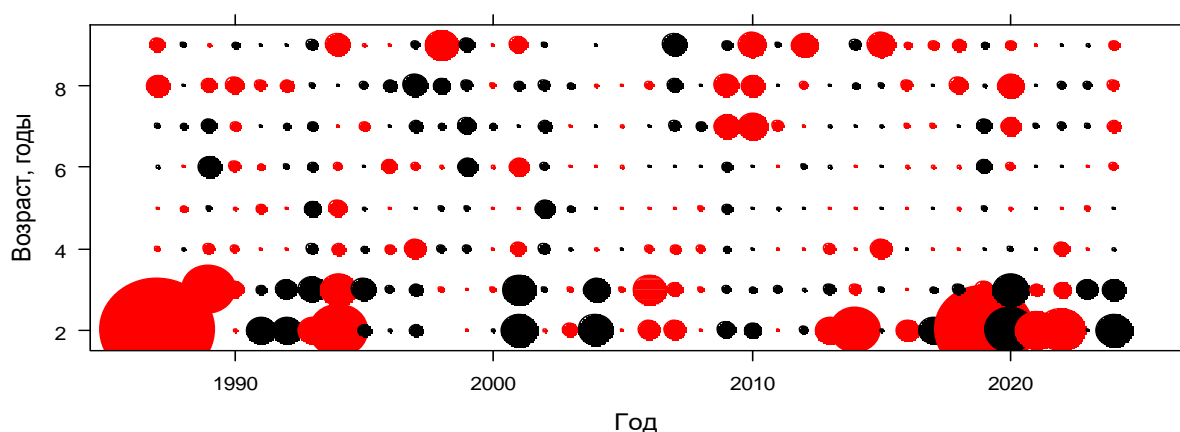


Рис. 38. Логарифмические отклонения между наблюдаемыми и полученными с помощью модели в пространстве состояний со сглаживающим фильтром значениями уловов по возрастам

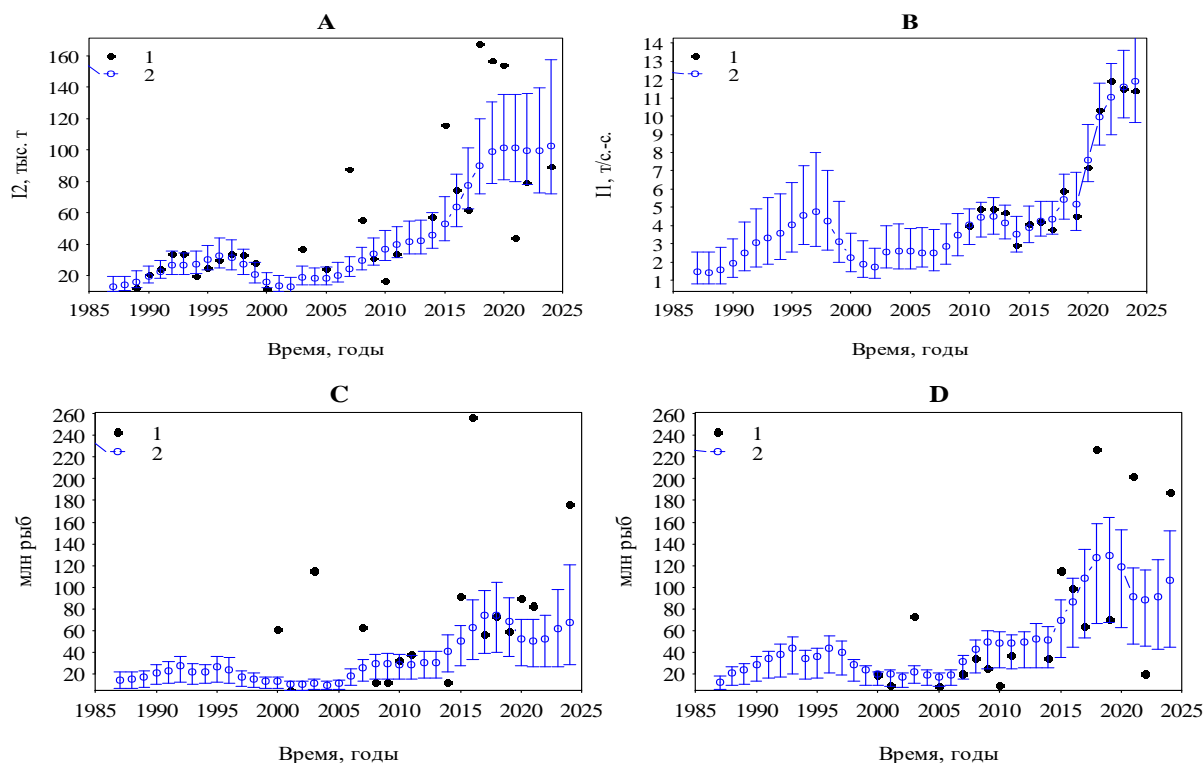


Рис. 39. Наблюдаемые значения (1) индексов общего (А) и промыслового (В) запасов, индексов численности 2-х (С) и 3-х (D) годовиков и их модельные аналоги с 95%-ми доверительными границами (2)

Поскольку в модели предполагается нормальное распределение отклонений логарифмов наблюдений от их одношаговых прогнозов по модели, необходимо проверить эти предположения. Проверка гипотез о нормальности распределения и равенстве нулю математических ожиданий отклонений осуществлялась с помощью тестов Шапиро-Уилка и Стьюдента. Для промысловых уловов по возрастам (кроме самого младшего возраста) и N3 на уровне значимости $p < 0,05$ нет оснований отвергнуть эти гипотезы.

Расчетные оценки параметров модели и их коэффициенты вариации представлены в таблице 10. Модельная оценка мгновенного коэффициента естественной смертности западнокамчатской наваги составила 0,373 1/год при коэффициенте вариации 0,146.

Была проведена проверка модели на наличие значимой ретроспективной смещенности. Результаты ретроспективного анализа оценок для 2018–2024 гг. представлены на рисунке 40. Значение показателя Мона р [Mohn, 1999] для ретроспективных оценок пополнения составило 7,7%, для ретроспективных оценок нерестовой биомассы – 5,3%. Пороговыми значениями показателя Мона р для долгоживущих видов рыб предложено считать: нижнее – -15%, верхнее – 20%, для рыб с малой продолжительностью жизни: нижнее – -22%, верхнее – 30% [Hurtado-Ferro et al, 2015]. Западнокамчатская навага относится к видам со средней продолжительностью жизни, поэтому есть основания полагать, что ретроспективная смещенность в представленных модельных оценках нерестовой биомассы и пополнения является приемлемой.

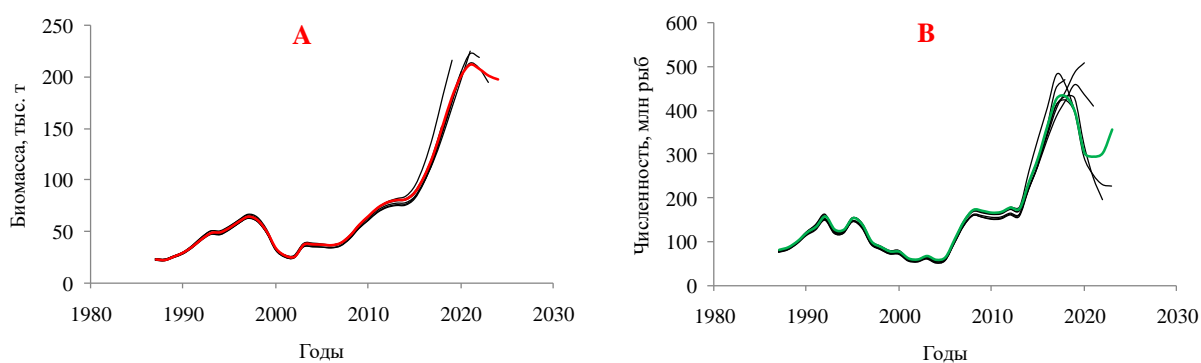


Рис. 40. Результаты ретроспективного анализа для оценок нерестовой биомассы (А) и пополнения (В)

Качественно представленные ретроспективные оценки запаса наваги у Западной Камчатки сопоставимы с оценками по модели «Синтез», представленными в материалах обоснований ОДУ прошлых лет (рис. 41). Количественные различия в оценках связаны, в основном, с существенной разницей в коэффициентах естественной смертности и настройках используемых моделей. Так, в модели «Синтез» были использованы значения МКЕС по возрастам, рассчитанные «косвенными» методами. Кроме того, для подгонки данных по возрастному составу наваги из донных траловых съемок было использовано мультиномиальное распределение. В когортной модели в

пространстве состояний со сглаженным сигма-точечным фильтром Калмана, напротив, МКЕС оценивается из условия максимума апостериорной плотности вероятности, ковариационная матрица ошибок в уловах по возрастам имеет более сложную структуру, а коэффициенты селективности могут изменяться во времени. Все это, в конечном счете, приводит к большему разбросу оценок последней (рис. 41). Оценка МКЕС по когортной модели в пространстве состояний (табл. 10) оказалась выше средневзвешенного значения МКЕС, рассчитанных «косвенными» методами для представленных в уловах возрастов 2–9 лет (0,317 1/год) на 15%. Оценка коэффициента пропорциональности для данных донной траловой съемки в когортной модели «Синтез» составляет $q_2=0,431$, в когортной модели в пространстве состояний – $q_2=0,3998$, что близко к традиционно используемому значению коэффициента уловистости 0,4.

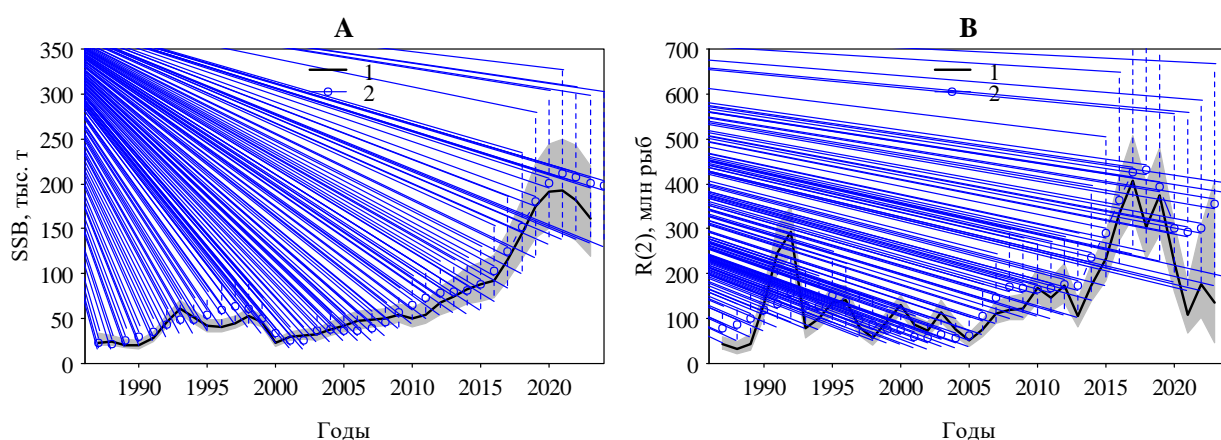


Рис. 41. Оценки нерестовой биомассы (А) и пополнения (В) западнокамчатской наваги по модели «Синтез» (1) и модели в пространстве состояний со сглаживающим сигма-точечным фильтром Калмана (2)

В целом, оценки запаса западнокамчатской наваги по когортной модели в пространстве состояний и модели «Синтез» оказались довольно близки. При этом их 90%-е доверительные интервалы в значительной мере перекрываются. В терминальный год нерестовый запас и уровень пополнения западнокамчатской наваги по когортной модели в пространстве состояний оценивается несколько выше.

Промысел. На Западной Камчатке лов наваги был организован в 1937 г. За период с 1937 по 2024 гг. её вылов изменялся от 0,1 до 41,7 тыс. т, при среднем значении, равном 10,2 тыс. т. С 1945 г. промысел вёлся активно — до середины 1960–х гг. среднегодовой улов составлял 8,8 тыс. т. С 1965 по 1990 гг. запасы наваги у Западной Камчатки находились в состоянии депрессии, вследствие чего её специализированный промысел отсутствовал. До 1990 г. навагу добывали в виде прилова к треске и камбалам. Среднегодовой вылов в это время составлял 2,8 тыс. т. К 1990 г. численность западнокамчатской популяции восстановилась до прежнего уровня, и уловы

стали возрастать. За последние пять лет (2018–2024 гг.) средний улов составил 26 тыс. т (рис. 42).

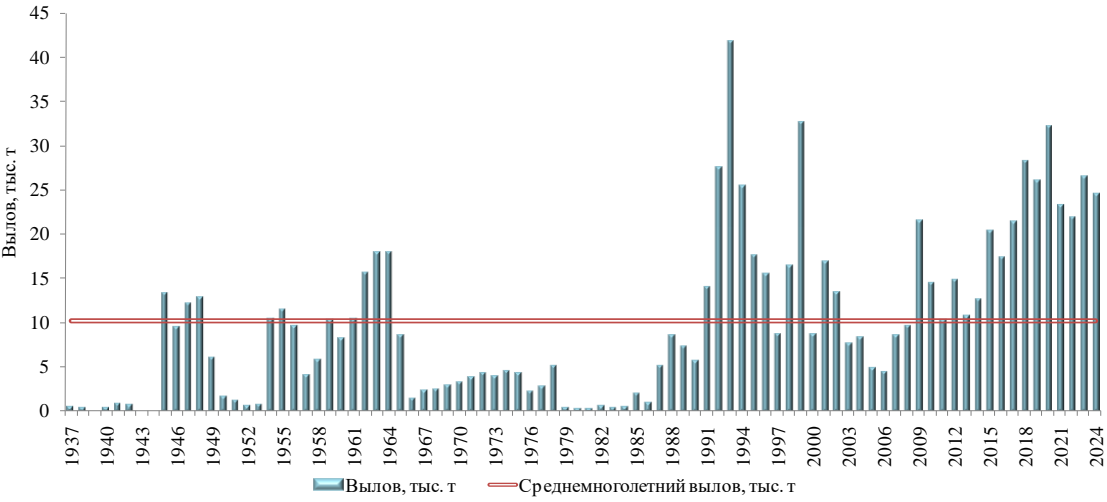


Рис. 42. Межгодовая динамика уловов дальневосточной наваги у Западной Камчатки (среднегодовое значение — 10,2 тыс. т)

В 2024 г. в Камчатско-Курильской подзоне было добыто 19,305 тыс. т наваги (140,4% ОДУ), а в Западно-Камчатской — 5,224 тыс. т (37,2% ОДУ) (табл. 11), всего по двум подзонам 24,529 тыс. т (освоение ОДУ — 88,2%).

Таблица 11
Межгодовая динамика ОДУ, вылова и освоения ОДУ западнокамчатской наваги

Год	Камчатско-Курильская подзона			Западно-Камчатская подзона			Суммарно		
	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение ОДУ, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение ОДУ, %	ОДУ, тыс. т	Вылов, тыс. т	Освоение ОДУ, %
2015	10,600	10,156	95,8	10,930	10,166	93,0	21,530	20,322	94,4
2016	8,880	8,605	96,9	9,180	8,765	95,5	18,060	17,370	96,2
2017	11,900	7,370	61,9	21,800	13,985	64,2	33,700	21,355	63,4
2018	10,800	15,759	145,9	20,000	12,483	62,4	30,800	28,242	91,7
2019	14,800	18,483	124,9	15,100	7,464	49,4	29,900	25,947	86,8
2020	17,950	21,516	119,9	18,250	10,589	58,0	36,200	32,105	88,7
2021	14,550	12,342	84,8	14,850	10,831	72,9	29,400	23,173	78,8
2022	14,600	10,304	70,6	14,800	11,486	77,6	29,400	21,790	74,1
2023	17,300	15,897	91,9	17,600	10,621	60,3	34,900	26,518	76,0
2024	13,750	19,305	140,4	14,050	5,224	37,2	27,800	24,529	88,2

В обеих подзонах западнокамчатского шельфа промысел наваги в течение года ведётся с разной интенсивностью. В Западно-Камчатской подзоне он базируется, в основном, на нагульной наваге. Формирование её скоплений в этот период, в большей степени, зависит от состояния кормовой базы. В зависимости от гидрологических условий, складывающихся на западнокамчатском шельфе, промысловые её скопления образуются в апреле — 1-й декаде мая. В этом районе наблюдаются два максимума уловов, приходящихся на небольшой промысел нерестовой наваги в январе (около

12% от годового улова) и нагульной — в апреле–июне, составляющий около 70% (рис. 43). Такой небольшой промысловый сезон ограничивается сложными гидрологическими условиями, поскольку холодный период здесь продолжается более 7 месяцев.

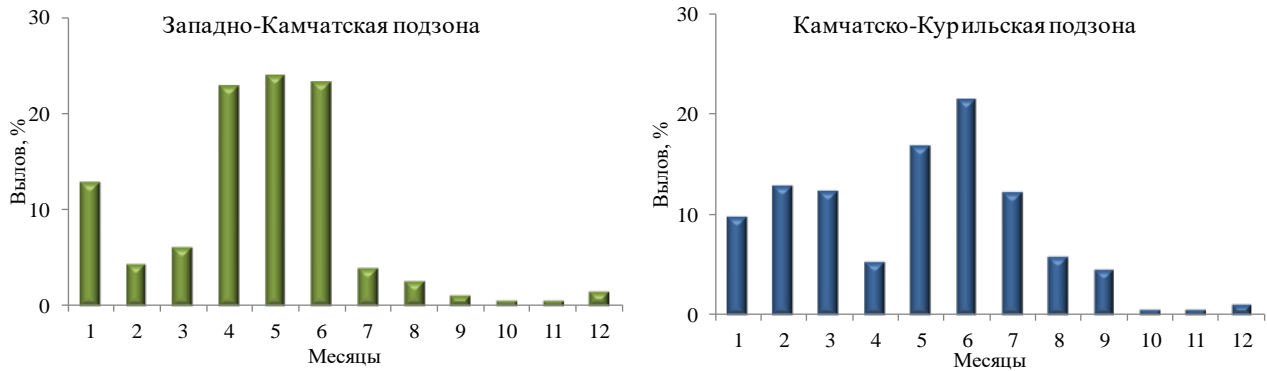


Рис. 43. Сезонная динамика вылова наваги в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в 2015–2024 гг.

В Камчатско-Курильской подзоне промысловый сезон длится практически весь год. С октября по декабрь уловы незначительны, но достигают существенных величин с января по сентябрь при максимальных значениях на промысле нагульных скоплений в мае–июле (около 50% от годового улова).

Лов наваги на западнокамчатском шельфе проводится мало- и среднетоннажным флотом, вооружённым снюрреводами, которыми в последнее время осваивают основную долю ОДУ (табл. 12).

Таблица 12
Межгодовая динамика относительного вклада разных орудий лова в освоение ОДУ наваги на западнокамчатском шельфе, %

Год	Западно-Камчатская подзона		Камчатско-Курильская подзона	
	Снюрревод	Трал	Снюрревод	Трал
2015	99,9	0,1	99,6	0,4
2016	99,9	0,1	99,9	0,1
2017	99,9	0,1	99,9	0,1
2018	99,9	0,1	99,9	0,1
2019	99,9	0,1	99,9	0,1
2020	99,9	0,1	99,9	0,1
2021	99,8	0,2	99,9	0,1
2022	99,7	0,3	99,6	0,4
2023	100,0	—	100,0	—
2024	99,7	0,3	99,7	0,3

Поскольку в 2024 г. рыбопромысловые предприятия, в большинстве случаев, подавали сведения о вылове по ООП, в которых не указывается орудие лова, исследовать в полном объеме структуру промысла наваги в обеих подзонах не представляется возможным. Тем не менее, по имеющимся

данным из ССД, относительно 2023 г. в 2024 г. наблюдалось увеличение уловов на усилии в Камчатско-Курильской подзоне и сокращение – в Западно-Камчатской подзоне (табл. 13).

Таблица 13

Межгодовая динамика количества судосудок на промысле и среднего улова на судосудки наваги у Западной Камчатки

Год	Западно-Камчатская подзона		Камчатско-Курильская подзона	
	Количество судосудок/год	Средний улов на судосудки, т	Количество судосудок/год	Средний улов на судосудки, т
2015	783	7,3	1812	4,2
2016	1225	6,2	1223	4,7
2017	1589	5,3	1278	7,8
2018	1904	5,4	1404	8,4
2019	2154	3,9	1016	7,3
2020	905	5,9	660	10,8
2021	895	7,4	434	9,6
2022	717	9,4	461	11,3
2023	656	9,9	473	10,4
2024	436	7,1	502	14,4

На борту судна «Виктор Гаврилов» при снюрреводном промысле в Западно-Камчатской подзоне навага встречалась на глубинах 60–124 м в качестве прилова при добыче камбал. Доля рыб в январе составила в среднем 15,5%, а в феврале увеличилась до 33,3%. В январе–феврале в Западно-Камчатской подзоне длина наваги изменялась от 23 до 51 см, преобладали рыбы размерной группы 28–40 см (77,8%), при средней длине 35,1 см. В уловах встречалась навага от 1 до 11 годов. Доминировали особи в возрасте 2–5 (66,4%), при этом доля двухгодовалых рыб достигла почти 21% от улова. Средний возраст наваги был равен 4,5 лет (рис. 44), средняя масса — 0,306 кг.

При промысле в Камчатско-Курильской подзоне навага в феврале была приоритетным видом, составляя в среднем 90,6% от улова, однако, в январе её уловы были незначительны. Замёты проводили на глубинах 78–120 м. Длина наваги в исследуемый период изменялась в пределах 26–52 см при средней длине 39,5 см. Преобладали особи длиной 36–44 см (80,8%). Наибольшую долю представляли крупноразмерные особи 5–8 годов. Доля двухгодовалых рыб в уловах по сравнению с Западно-Камчатской подзоной сократилась до 0,5%, а средний возраст наваги увеличился до 6,2 лет (рис. 44). Средняя масса составила 0,473 кг.

В ходе проведения научно-исследовательских работ в мае 2024 г. на РПЗ, принадлежащем АО «Озерновский РКЗ №55» (п. Озерновский), навага встречалась преимущественно в качестве прилова при добыче камбал или минтая. Как и в 2023 г., когда вид в снюрреводных уловах в сколь-нибудь значимых количествах появился только в мае, в аналогичный период 2024 г. отмечены неплохие уловы наваги. Доля в уловах составила немногим более

6%. Промысел осуществлялся в южной части Камчатско-Курильской подзоны (район до 52°00' с.ш.). Длина наваги в уловах в среднем составляла 30,1 см (31,3 см в 2023 г.) при минимуме 22 см и максимуме 50 см. Доминировали рыбы длиной 28–32 см (73,4%) (рис. 45 А). Средний вес был равен 0,281 кг (0,293 кг в 2023 г.) В уловах встречалась навага от 1 до 10 лет. Преобладали особи в возрасте 2+–3+ (82,3%), при этом доля двухлетних рыб составила почти 45% от улова, а однолетних – около 2%. Доля старших возрастных групп (4+–10+) не превысила 16%. Средний возраст наваги был равен 2,8 лет.

Работы на РПЗ, принадлежащем АО «Витязь-Авто» (п. Устьевое), проходили в июне 2024 г. в самой северной части Камчатско-Курильской подзоны. Навага не являлась целевым объектом промысла, но встречалась в значительных объемах в качестве прилова при промысле камбал или минтая, практически в каждом улове. Доля вида в уловах изменялась от 9,5 до 80%, составив в общем улове 37,5%.

Длина рыб в уловах изменялась от 16 до 53 см. Модальной группой являлись особи длиной 28–36 см (67,6%). Средние длина и вес наваги составили, соответственно, 31,6 см и 0,250 кг (36,5 см и 0,401 кг в 2023 г.). В уловах также преобладали, но в значительно меньшем количестве, чем в мае, двух- и трёхлетние особи (54,7%). В июне доли однолетних рыб (1+), как и крупных особей (4+–10+), значительно увеличились и составили, соответственно 7,1% и 38,2%, а средний возраст наваги увеличился до 3,4 лет (рис. 45 Б).

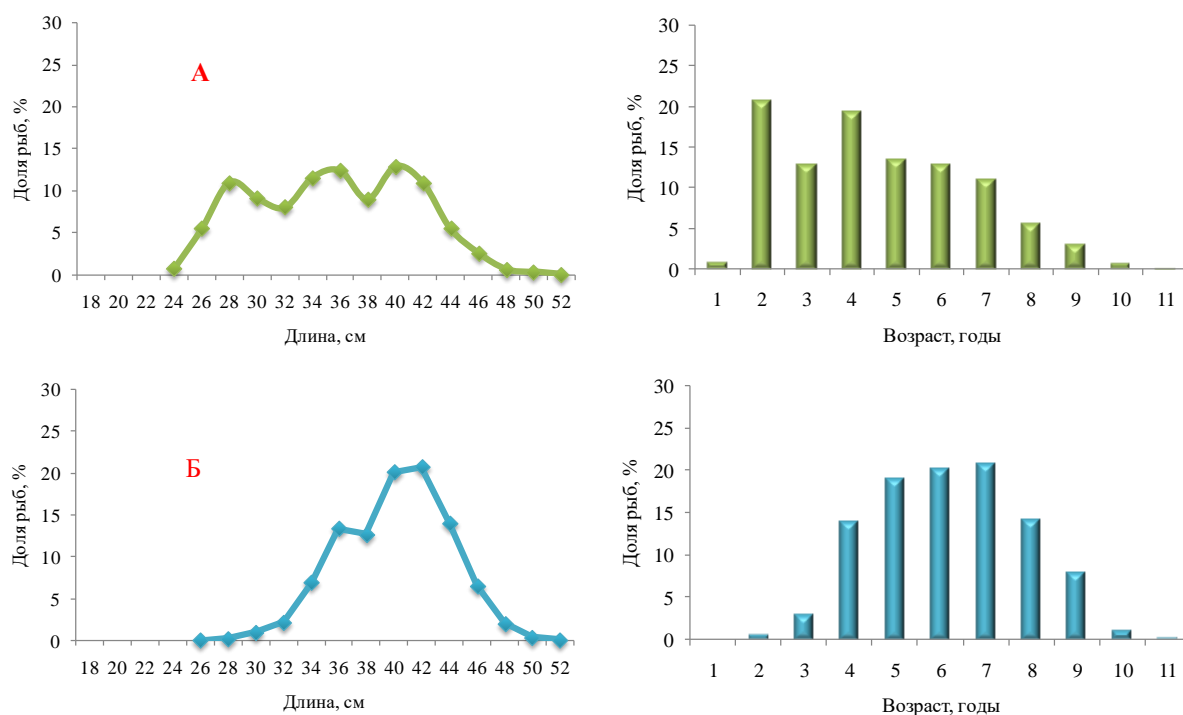


Рис. 44. Размерно-возрастной состав наваги из уловов снюрреводом п/б «Виктор Гаврилов» в Западно-Камчатской (А) и Камчатско-Курильской (Б) подзонах в январе-феврале 2024 г. (А: N – 3909 экз., М – 35,1±0,09 см, Т – 4,6±0,03 года; Б: N – 4940 экз., М – 39,6±0,05 см, Т – 6,2±0,02 года)

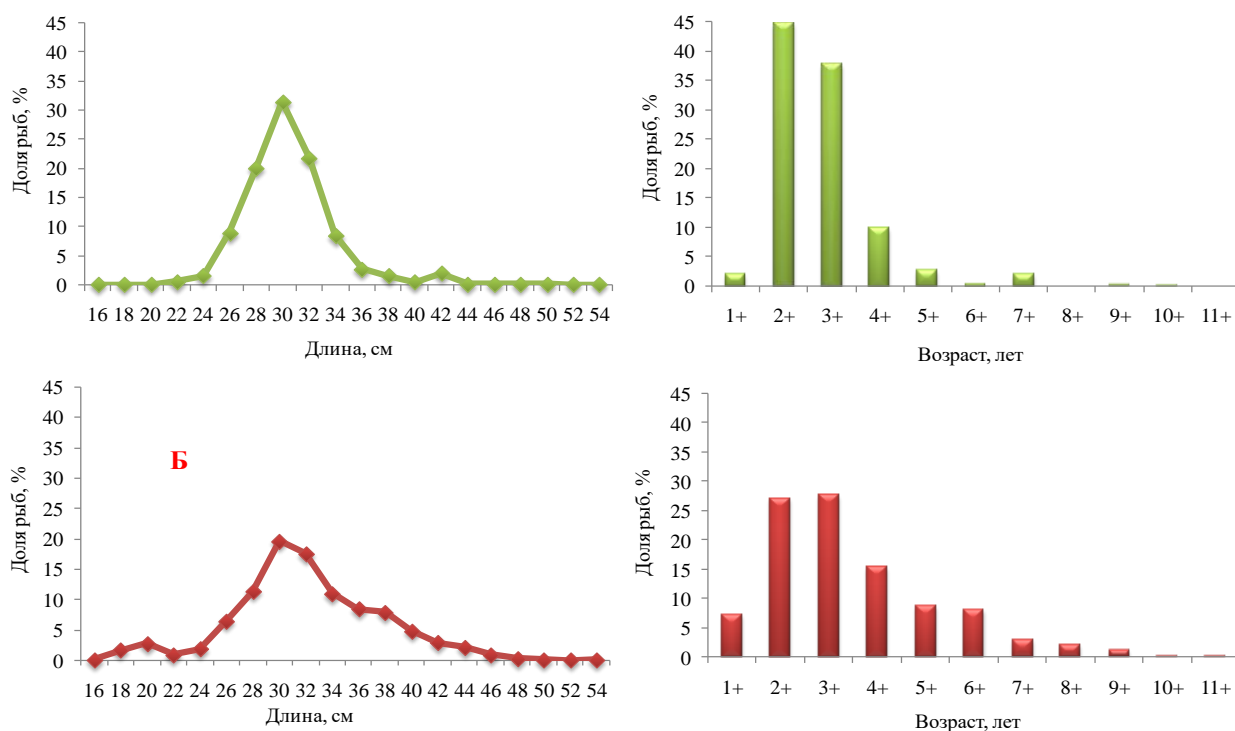


Рис. 45. Размерно-возрастной состав наваги из уловов снюрреводом в Камчатско-Курильской подзоне в мае (А) и июне (Б) 2024 г. (А: N=680 экз., М – 30,1±0,13 см, Т – 2,8±0,04 лет; Б: N=3102 экз., М – 31,6±0,09 см, Т – 3,4±0,03 лет)

Таким образом, в зимний период в Западно-Камчатской подзоне в снюрреводных уловах отмечались в значительном количестве молодые рыбы (1+–3+), составив 34,3% от уловов (против 3,4% в Камчатско-Курильской подзоне), а Камчатско-Курильской подзоне преобладала доля старшевозрастных особей (4+–10+) – 96,5%.

В Камчатско-Курильской подзоне в уловах снюрреводом в мае-июне было значительное количество молодых особей (1+–3+), соответственно 84,4% и 61,8%. Однако в южной части подзоны в большем количестве отмечалась навага старшего возраста длиной 32–48 см (4+–10+ (38,1%)).

До 2017 г. доля молоди наваги в снюрреводных уловах была низкой, а основу составляли крупные рыбы (рис. 46). Результаты исследований 2017 и 2018 гг. показали значительное омоложение популяции западнокамчатской наваги. В 2019 г., как и в 2016 г., облавливались преимущественно рыбы старших возрастных групп. В уловах существенную долю, как и в 2017–2018 гг., составляло поколение рыб 2015 г. рождения. Численностью выше среднего обладало и поколение 2014 г. рождения, составившее большую часть улова в 2019 г. В 2023 г., как и в 2022 г., в уловах доминировали рыбы 2017 г. рождения (6+) (23,7%) и трёхлетние особи (поколение 2020 г.), доля которых в уловах по сравнению с 2022 г. увеличилась до 26,3%. В 2024 г. в снюрреводных уловах преобладали молодые рыбы в возрасте 1+ – 3+ лет 2021–2023 гг. рождения (около 66% улова). Высокочисленное поколение 2017 г. рождения (7+) практически вышло из промысла и составило лишь 2,7%.

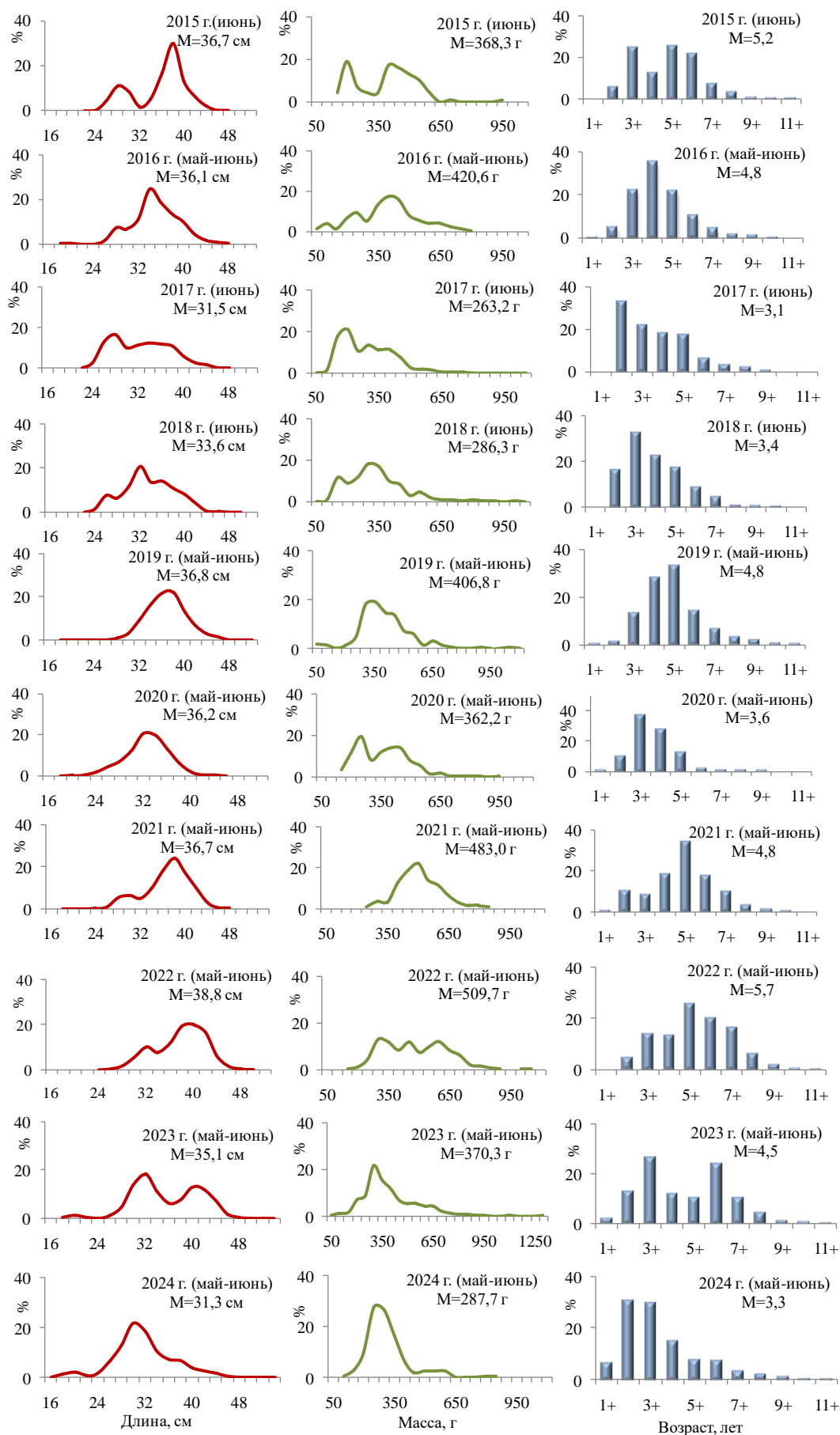


Рис. 46. Межгодовая динамика размерного, весового и возрастного состава западнокамчатской наваги в снюрреводных уловах

Определение биологических ориентиров

Биологические ориентиры управления впервые были определены в 2011 г.; в настоящем обосновании они были пересмотрены (табл. 14). Связано это не только со сменой методики оценки запаса, но и с тем обстоятельством, что современное состояние запасов западнокамчатской наваги кардинально отличается от состояния запасов этого важного промыслового объекта в 2011 г. (рис. 33).

Таблица 14

Статистические характеристики биологических ориентиров наваги у Западной Камчатки

Параметр	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
F _{msy}	0,253	0,295	0,335	0,382	0,462	0,343	0,065
B _{loss}	14,9	17,7	20,2	22,6	27,1	20,4	3,7
B _{msy}	87,5	116,1	144,8	188,1	314,2	183,3	361,4

По кривым равновесного улова (рис. 47) и равновесной нерестовой биомассы, основанным на зависимости Бивертон-Холта «запас-пополнение» определили ориентиры управления для зонального правила регулирования промысла.

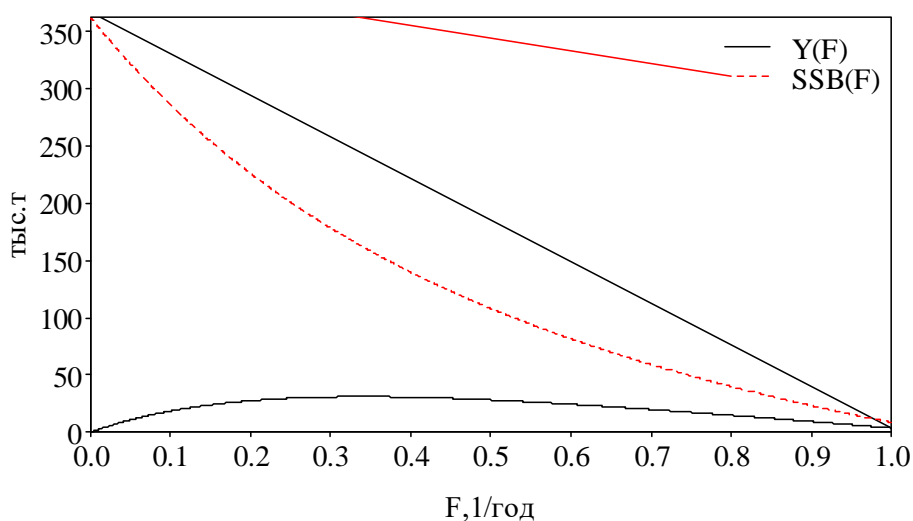


Рис. 47. Кривые равновесной биомассы и равновесного улова для западнокамчатской наваги

Граничный ориентир по промысловой смертности определили по медиане F_{MSY} : $F_{lim} = 0,335$ 1/год. Величину F_0 приняли равной нулю. Целевое значение промысловой смертности приняли равным 5% процентилю F_{MSY} : $F_{tr} = 0,253$ 1/год.

В качестве целевого ориентира B_{tr} по биомассе выбрали значение нерестовой биомассы, соответствующее медиане F_{MSY} на кривой равновесной биомассы $B_{tr} = 144,8$ тыс. т.

Граничный ориентир по биомассе приняли равным наименьшей нерестовой биомассе B_{loss} (рис. 33 А) с учетом неопределенности (95% процентиль): $B_{lim}=27,1$ тыс. т.

Обоснование правила регулирования промысла

Следуя методике среднесрочного прогнозирования в рамках предосторожного подхода к управлению промысловыми запасами рыб [Бабаян, 2000], обосновали ПРП западнокамчатской наваги, цель которого поддержание запаса на уровне высокой продуктивности и последующая его эксплуатация на этом уровне с постоянной интенсивностью. Схема ПРП представлена на рисунке 48.

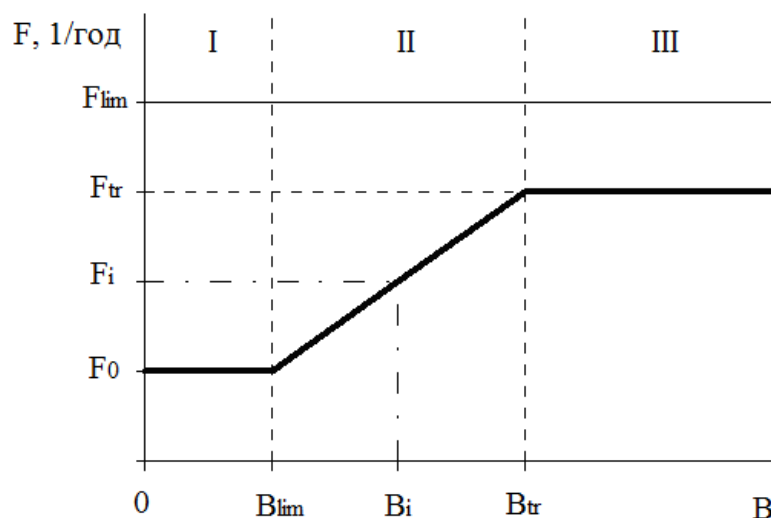


Рис. 48. Схема правила регулирования промысла западнокамчатской наваги

Аналитическая форма ПРП имеет вид:

$$F_{reci} = 0, \text{ при } B_i < B_{lim},$$

$$F_{reci} = F_{tr}(B_i - B_{lim}) / (B_{tr} - B_{lim}), \text{ при } B_{lim} < B_i < B_{tr},$$

$$F_{reci} = F_{tr} = \text{const}, \text{ при } B_i > B_{tr}.$$

Прогнозирование состояния запаса

В рамках статистического моделирования методом Монте-Карло выполнен вероятностный прогноз состояния запаса наваги и величины ОДУ на 2026 г.

Для прогнозирования состояния запаса использовали те же соотношения (МКЕС, массу и долю половозрелых рыб по возрастам), что и при восстановлении динамики запаса в ретроспективе. Коэффициент промысловой смертности в 2025 г. соответствует ОДУ, равному 28,1 тыс. т.

Коэффициенты селективности на перспективу приняты равными средним за 15 предпрогнозных лет. Выбором интервала в 15 лет постарались охватить весь период, на котором наблюдались рост нерестового запаса и значимые изменения в селективности (рис. 33, 37).

В качестве пополнения на прогнозный период принимали среднюю за 15 предпрогнозных лет численность двухгодовиков. По нашим прогнозам, в 2025–2026 гг. она составит около 298,1 млн экз.

На каждой реализации метода Монте-Карло в оцениваемые параметры модели вносили ошибку, имеющую логнормальное распределение. Параметры этого распределения оцениваются в модели.

С помощью обращенной вперед когортной процедуры оценили биомассу запаса в 2025–2026 гг. Статистические характеристики распределения нерестовой биомассы представлены в таблице 15. При сделанных предположениях относительно пополнения и смертности, в ближайшие 2 года ожидается стабилизация запасов западнокамчатской наваги. На начало 2025 г. медианная оценка нерестового запаса составит 200,6 тыс. т, а на начало 2026 г. — 200,0 тыс. т.

Таблица 15

Статистические характеристики распределений оценок нерестового запаса и ОДУ западнокамчатской наваги в 2025–2026 гг.

Параметр	5%	25%	Median	75%	95%	Mean	SE
ОДУ(2026), тыс. т	12,3	21,9	29,5	38,3	54,8	30,9	13,3
SSB(2025), тыс. т	122,9	160,4	200,6	248,5	337,7	211,5	68,9
SSB(2026), тыс. т	114,7	155,0	200,0	250,6	353,9	211,9	79,1

Обоснование рекомендованного объёма ОДУ

Значение биомассы нерестового запаса в 2026 г. соответствует области эксплуатации восстановленного запаса (режим III на рисунке 48). Согласно ПРП, рекомендуемое значение промысловой смертности составит $0,253 \text{ год}^{-1}$.

Величину вылова на i -й прогнозный год рассчитывали по формуле:

$$ОДУ_i = F_{req} \sum_{j=t_c}^T s_j w_j N_{i,j} \frac{1 - \exp[-(M_j + s_j F_{req})]}{M_j + s_j F_{req}} \quad [\text{Бабаян, 2000}],$$

где: s_j — возрастные коэффициенты селективности, w_j — масса особей, M_j — МКЕС, $N_{i,j}$ — численность j -ой возрастной группы, F_{req} — рекомендуемое значение интенсивности промысла в i -й прогнозный год.

Согласно статистическим расчетам (табл. 15), вылов западнокамчатской наваги в 2026 г. может составить 29,5 тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Важным этапом тестирования стратегии управления является статистическое моделирование динамики запаса западнокамчатской наваги на длительный период времени (10 лет) при средней за последние 10 лет величине пополнения и рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия. Как видно из рисунка 49, при соблюдении ПРП, запас наваги Западной Камчатки с 95% вероятностью не выйдет за биологически безопасные границы. На основании результатов имитационного моделирования заключаем, что нет оснований для отказа от действующей стратегии управления.

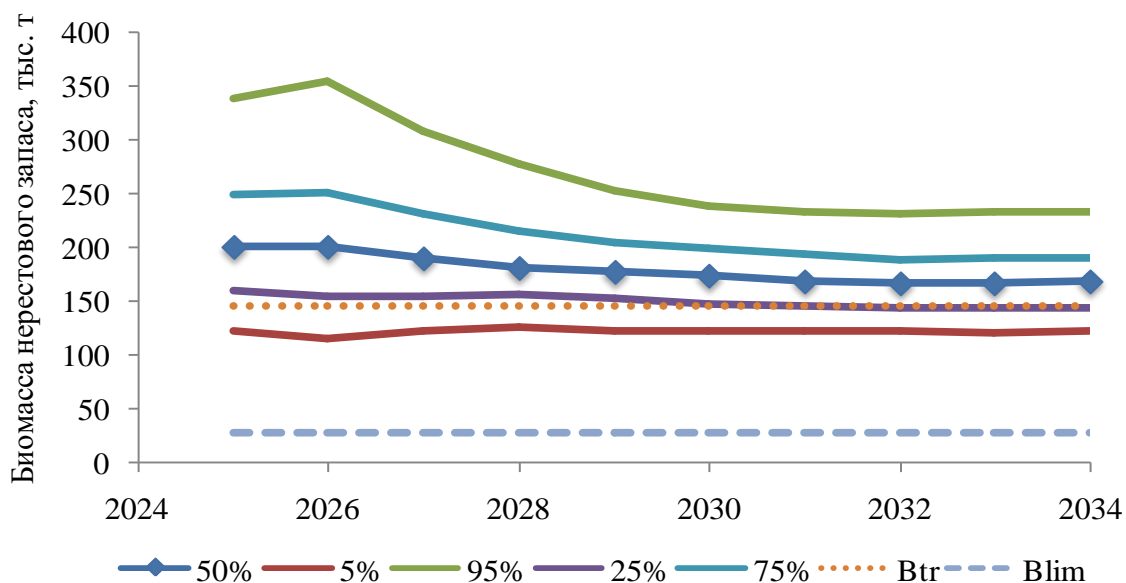


Рис. 49. Процентили распределения биомассы нерестового запаса наваги Западной Камчатки при рекомендуемой согласно ПРП интенсивности изъятия

Так как ОДУ прогнозируется с заблаговременностью 2 года, то необходимо просчитать вероятность нежелательных последствий принятия стратегии управления запасом на 2 года вперёд, т.е. выполнить анализ рисков. Для этой цели методом Монте-Карло находили вероятность попадания запаса в опасную зону как функция величины годового вылова в прогнозные годы: $P(SSB_{2027} < B_{lim} | ODU_{2025}, ODU_{2026})$ и $P(F_{2026} > F_{lim} | ODU_{2025}, ODU_{2026})$. Если эти вероятности меньше $\alpha=0,1-0,2$ [Бабаян, 2000], то стратегию управления можно принять. Проведенный риск-анализ (рис. 50) показал, что риск перелова по пополнению при рекомендуемой величине ОДУ западнокамчатской наваги в 29,5 тыс. т равен нулю, а риск перелова по росту незначительно превышает рекомендованный уровень.

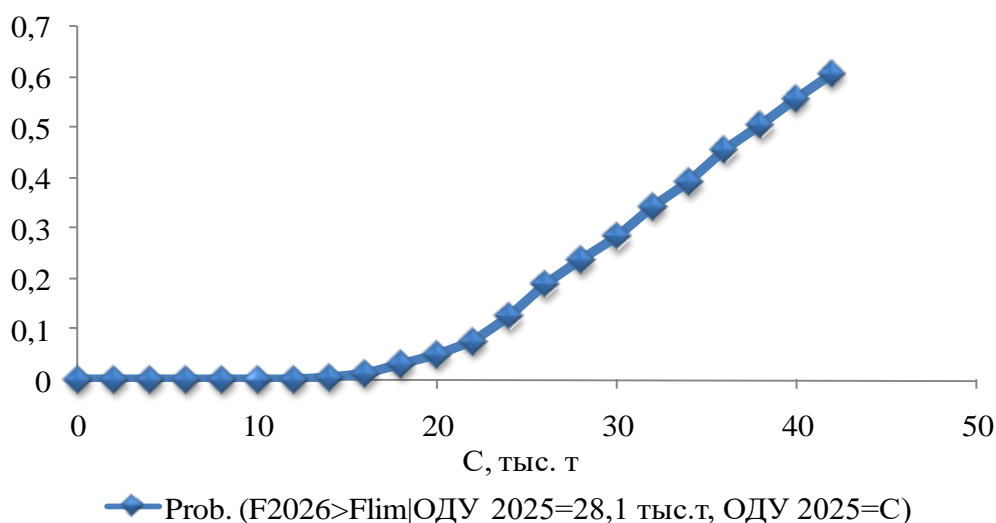


Рис. 50. Анализ рисков наступления неблагоприятных последствий для запаса западнокамчатской наваги

Окончательный вид ПРП с указанной траекторией запаса, включающей период времени с 2015 по 2024 гг. и ближайшую перспективу (5 лет), представлен на рисунке 51.

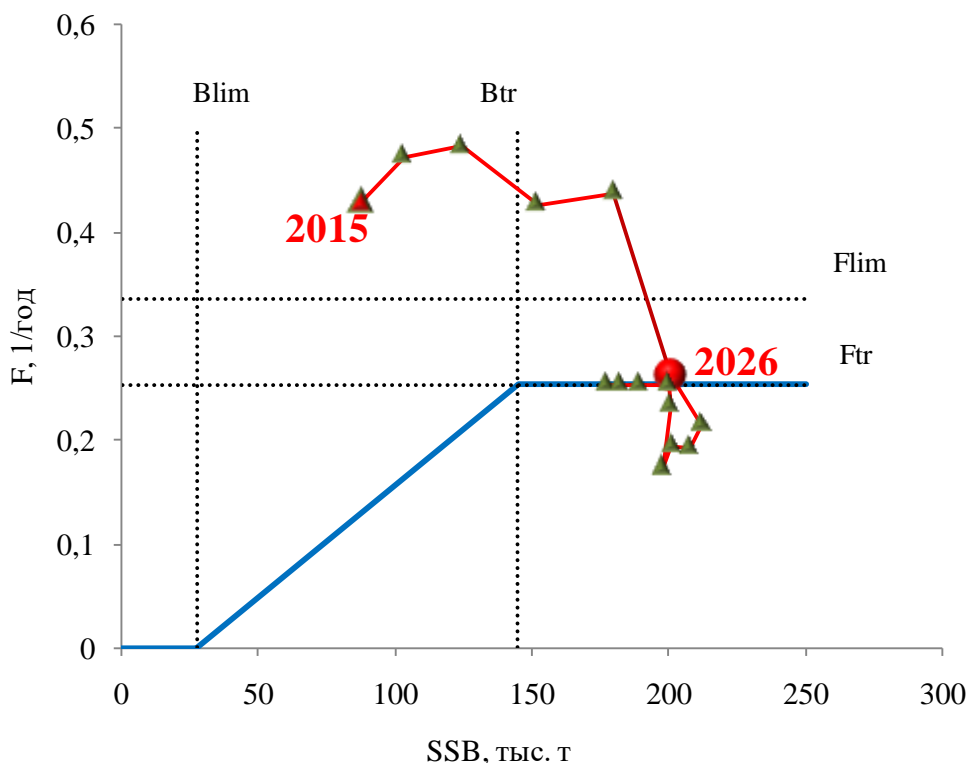


Рис. 51. Реализация правила регулирования промысла западнокамчатской наваги

Как указывалось выше, в последние годы происходит перераспределение биомассы наваги между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами. В связи с этим ежегодное формирование на шельфе районов промысловых скоплений наваги наибольшей плотности довольно неустойчиво. Поэтому предлагаем в 2026 г. распределить вылов наваги между подзонами в равной пропорции. При этом к ОДУ в Западно-Камчатской подзоне необходимо добавить 0,3 тыс. т для организации промысла в Ямской губе (внутренние морские воды и территориальное море в границах Магаданской области).

Таким образом, **ОДУ наваги в 2026 г. составит: в Западно-Камчатской подзоне 15,000 тыс. т, в Камчатско-Курильской подзоне 14,800 тыс. т.**

Поскольку на западнокамчатском шельфе обитает единая популяция наваги [Шунтов, 1985; Борец, 1997; Новикова, 2007], считаем, что в 2026 г. допустимо перераспределение объёмов общих допустимых уловов наваги между Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонами без превышения суммарного объёма общего допустимого улова наваги.

61.05.3 - Восточно-Сахалинская подзона

Исполнитель: А.В. Метленков («СахНИРО»)

Куратор: Е.В. Ведищева (ФГБНУ «ВНИРО»)

Залив Терпения и юго-восточное побережье о-ва Сахалин

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой для оценки запаса и прогнозирования ОДУ наваги на 2026 г. послужили результаты исследований 2003–2024 гг. Промысловая статистика за эти годы взята из ОСМ Росрыболовства, а также предоставлена СКТУ ФАР. Сбор биостатистической информации осуществляли в период промысла наваги близнецовыми тралами в зал. Терпения (январь–февраль) маломерными судами типа МРС-150, МРС-225, принадлежащими РК «Дружба» (г. Поронайск). Информационную базу в 2024 г. составили пробы из промысловых уловов наваги, собранные в период с 16 по 29 января 2024 г. На полный биологический анализ было взято 600 экз., 3026 экз. было промерено. Также использованы данные о вылове рыбаками-любителями в период подледного лова в 2013–2024 гг. Учет численности рыбаков, состава и величины удебных уловов был произведен в январе–марте сотрудниками «СахНИРО» в местах традиционного лова. Для характеристики запаса применены данные донной траловой съемки, проведенной в октябре–ноябре 2024 г. в зал. Терпения на НИС «Владимир Сафонов» (рис. 52).

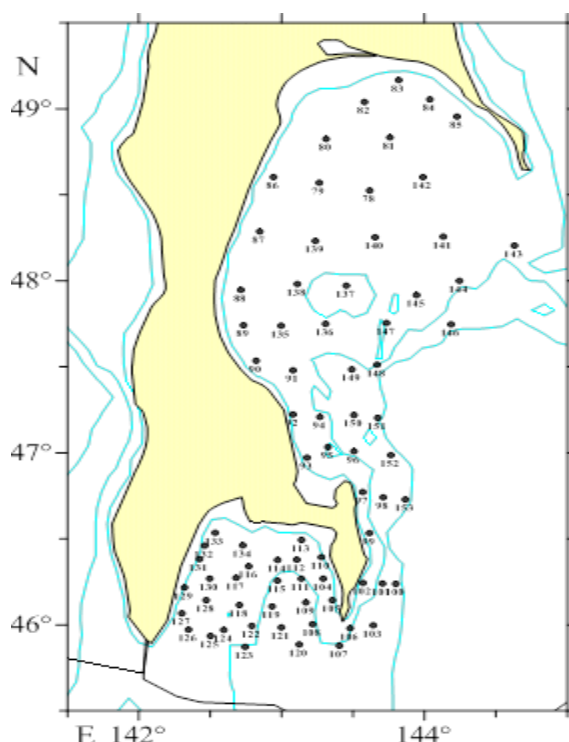


Рис. 52. Схема траловых станций РС «Владимир Сафонов» в период донной траловой съемки в Восточно-Сахалинской подзоне в октябре–ноябре 2024 г.

Информационное обеспечение прогноза позволяет отнести его к I уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Обоснование выбора методов оценки запаса

Имеющийся материал позволяет определить численность, биомассу, коэффициенты мгновенной промысловой смертности методом виртуальных популяций. Расчет численности и биомассы запаса выполнен методом когортного анализа Поупа [Pore, 1972] реализованного в программе «Excel».

Для прогнозирования на два года вперед использовано программное обеспечение «ТАС». Программа «ТАС» позволяет, опираясь на результаты когортных моделей с сепарабельным представлением промысловой смертности, получить точечные и интервальные оценки величины ОДУ на два года вперед (при условии, что в первый прогнозный год значение ОДУ известно) в соответствии с предосторожным походом к управлению промыслом.

Средняя масса по возрастам определена как среднемноголетнее значение. Естественная мгновенная смертность по возрастным группам рассчитана по методу Чена-Ватанабе [Chen and Watanabe, 1989]. Расчет произведен по 2018 г., как году с наиболее репрезентативными данными. Результаты представлены в таблице 16.

Таблица 16

Естественная мгновенная смертность (M_t) наваги зал. Терпения по возрастам по данным 2018 г.

Показатель	Возрастная группа						
	2	3	4	5	6	7	8
M_t	0,43	0,35	0,30	0,22	0,26	0,25	0,25

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Залив Терпения и юго-восточное побережье о-ва Сахалин являются основными районами промысла наваги. С 1971 г. в зал. Терпения ведется промысел при помощи маломерных судов типа МРС-150 и МРС-80 с близнецовыми тралями 32 и 35 м, с размером ячеи 20 мм, что позволяет облавливать навагу промысловой длины свыше 19 см. В последние годы промысел начинается во второй декаде января. В 2024 г. выходило до 14 маломерных судов типа МРС рыбодобывающего предприятия р/к «Дружба», ООО «Поронайский зверосовхоз», ООО «Рыбак». Суточные уловы колебались от 46,38 до 333,28 т, среднесуточный улов составлял 181,54 т.

Массовые нерестовые подходы рыбы наблюдаются в прибрежной зоне на глубинах 5–25 м с последней декады декабря по третью декаду января. Наиболее плотные нерестовые скопления формируются от пос. Владимирово до пос. Вахрушев с конца первой до середины третьей декады января. При промысле наваги практически не наблюдается прилова других видов рыб и беспозвоночных. После окончания нереста нагульные скопления наваги

концентрируются в основном на участке побережья от м. Муловского до м. Сенявина. На нагульных скоплениях наваги продолжается ее промысел пассивными орудиями лова – вентерями. Добыча наваги здесь осуществляется с середины февраля до конца марта и базируется на нагульных половозрелых особях с большой примесью собственной молоди, зимовальные скопления которой ежегодно формируются в этом районе Охотского моря.

Также нагульная навага активно вылавливается рыбаками-любителями из-под льда. С 2013 г. специалистами «СахНИРО» проводится учет рыбаков-любителей в период подледной рыбалки — оценивают количество рыбаков-любителей, объем их вылова, собирают биостатистический материал, позволяющий определить размерно-возрастной состав уловов рыбаков-любителей. Расчет общего вылова ведется исходя из величин суточных уловов и количества рыбаков в дни наблюдения (средний улов в день \times количество рыбаков = вылов за день). Суммируя вылов по дням наблюдений, получили объем вылова любителями за сезон.

В 2013 г. вылов составил 324,8 т, в 2014 г. — 334,6 т, в 2015 г. — 124 т. Резкое снижение оцененной величины вылова любителями в 2015 г. связано в первую очередь с организационными причинами и, видимо, является заниженной как минимум в два раза. В 2018 г. вылов составил не менее 330,8 т наваги, в 2019 г. — 594 т. В 2020 г. рыбаками любителями выловлено 226,3 т наваги, в 2021 г. — 435,7 т. В 2022 г. из-за погодных условий любительская рыбалка была менее эффективна, чем в предыдущие годы, вылов составил 134,9 т, в 2023 г. улов составил 116,6 т, в 2024 г. — 52,8 т наваги.

В связи с тем, что традиционно вылов рыбаками-любителями производится в местах, где сосредоточена нагульная часть популяции наваги зал. Терпения, в уловах преобладают младшевозрастные рыбы, которые в меньшем количестве облавливаются при промысле на нерестовых скоплениях. По данным 2024 г., в уловах были отмечены рыбы от 19,6 до 31,4 см (в среднем 23,9 см).

В зал. Терпения и у юго-восточного побережья Сахалина объем вылова наваги в последние годы изменялся от 3,75 (2019 г.) до 5,56 (2022 г.) тыс. т и составлял в среднем 4,67 тыс. т. В целом, вылов соответствовал прогнозным значениям, за исключением отдельных лет (табл. 17). Неполное освоение выделенных лимитов в последние годы практически не наблюдается. Квоты могут не осваиваться в связи с неблагоприятной ледовой обстановкой.

В период с 2015 по 2024 г. в уловах встречались рыбы длиной от 14 до 46 см в возрасте от 2 до 9 лет. Среднее значение длины рыб в промысловых уловах изменялось от 26,6 (2019 г.) до 31,1 (2017 г.) (рис. 53). Доминировали, как правило, рыбы длиной 24–30 см в возрасте 2–4 лет (рис. 54).

Длина рыб в уловах 2024 г. варьировалась от 16,0 см до 40,5 см. Средняя длина рыб в период наблюдений составила 24,3 см. Преобладали особи наваги длиной 22–24 см (57,0%). В уловах отмечены рыбы 2–7-летнего возраста. Основу оставили особи 3 лет (47,5%).

Таблица 17

Освоение ОДУ/РВ наваги Восточно-Сахалинской подзоны в 2015–2024 гг., тыс. т

Год	ОДУ/РВ	Судовой промысел	Вентерный промысел	Вылов, тыс. т	Освоение, %
2015	4,21	3,940	0,200	4,140	98,3
2016	5,47	4,960	0,300	5,260	96,2
2017	5,21	4,573	0,091	4,664	89,5
2018	4,25	4,047	0,162	4,209	99,0
2019	3,90	3,503	0,251	3,754	96,3
2020	4,28	3,816	0,293	4,109	96,0
2021	5,75	4,106	0,500	4,606	80,1
2022	5,97	5,139	0,420	5,559	93,1
2023	5,19	4,290	0,530	4,820	92,9
2024	5,82	5,098	0,460	5,558	95,5
Среднее	5,01	4,347	0,321	4,670	93,2

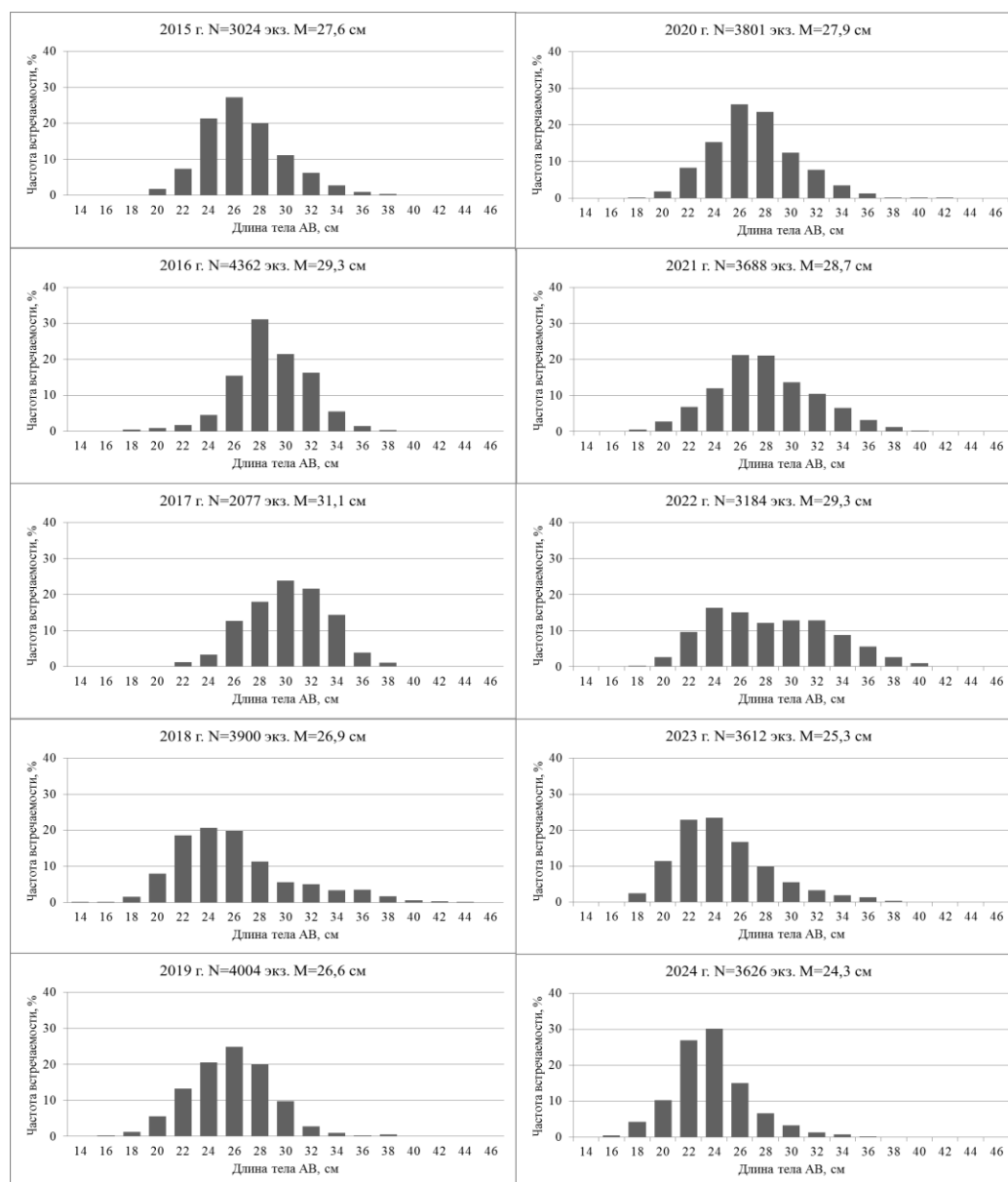


Рис. 53. Размерный состав наваги зал. Терпения из промысловых уловов 2015–2024 гг.

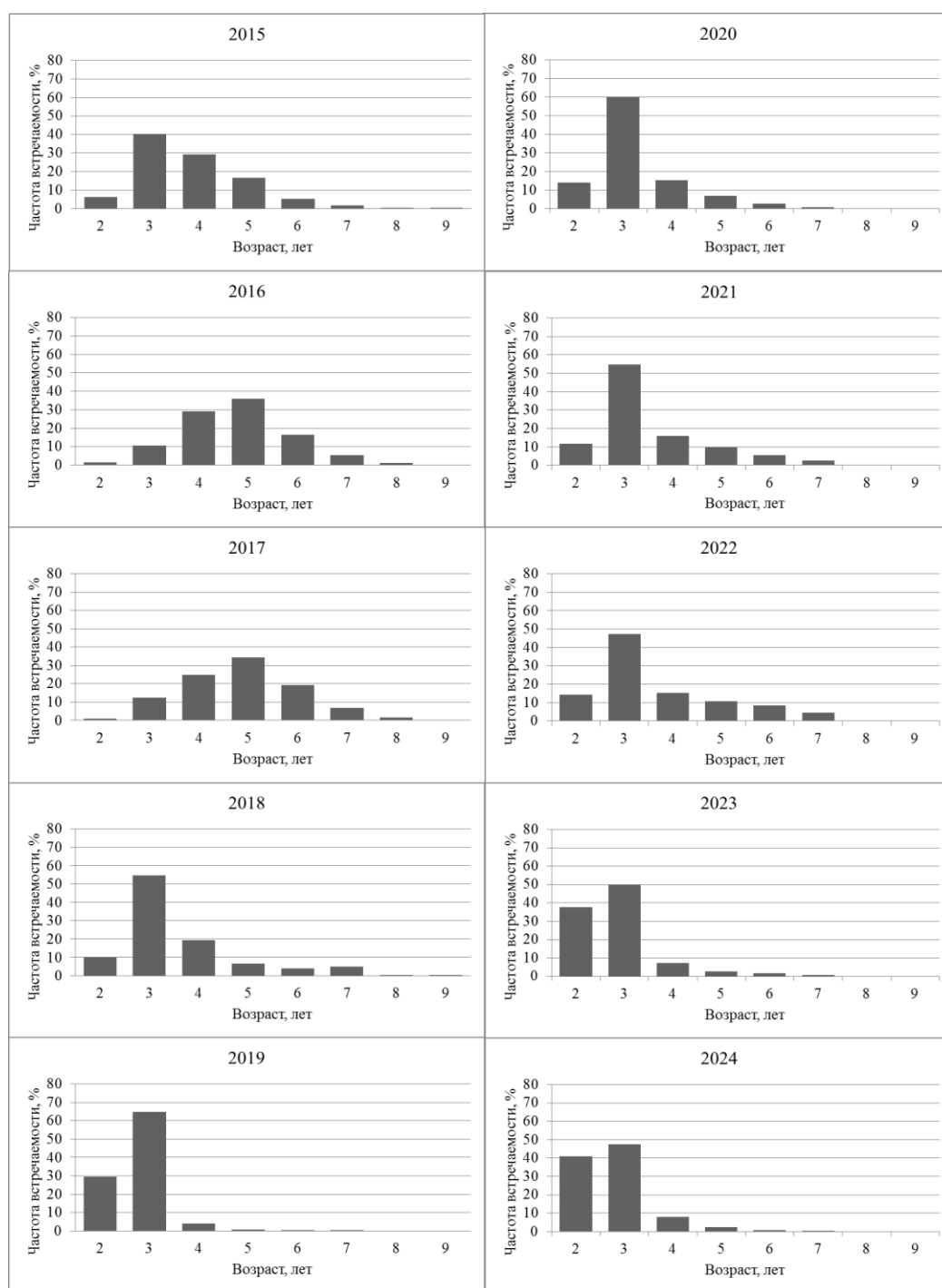


Рис. 54. Возрастной состав наваги зал. Терпения из промысловых уловов 2015–2024 гг.

По результатам донной траловой съемки биомасса наваги была оценена в 45,7 тыс. т (364,7 млн экз.) (рис. 55). Оценки молоди составили 5,3 тыс. т (234,8 млн экз.).

По расчетным данным модели ВПА, в период с 1999 по 2024 г. биомасса промысловой части популяции варьировала от 14,06 (2008 г.) до 42,2 тыс. т (1999 г.) при среднемноголетнем значении в 24,5 тыс. т. В 2024 г. общая численность наваги оценивается в 422,44 млн экз., промысловая биомасса в 33,2 тыс. т (рис. 56).

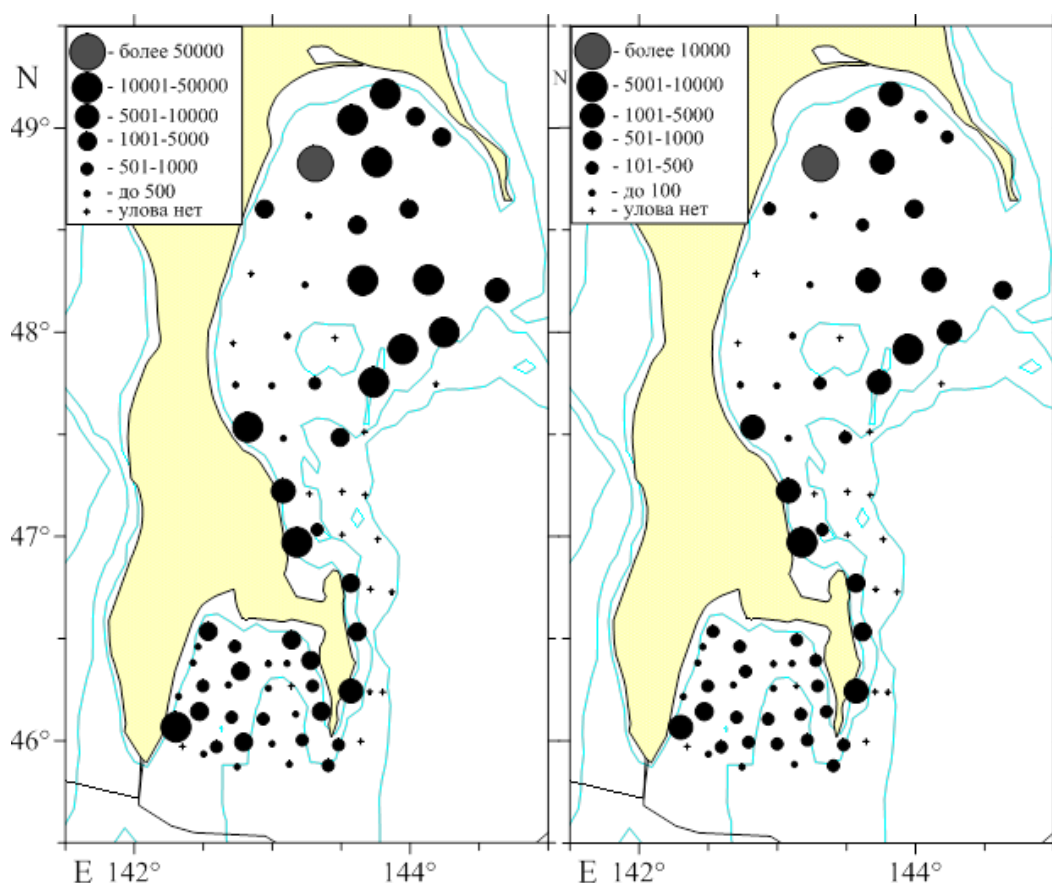


Рис. 55. Распределение численности (экз./км²) (левый рисунок) и биомассы (кг/км²) (правый рисунок) наваги в Восточно-Сахалинской подзоне в осенний период 2024 г.

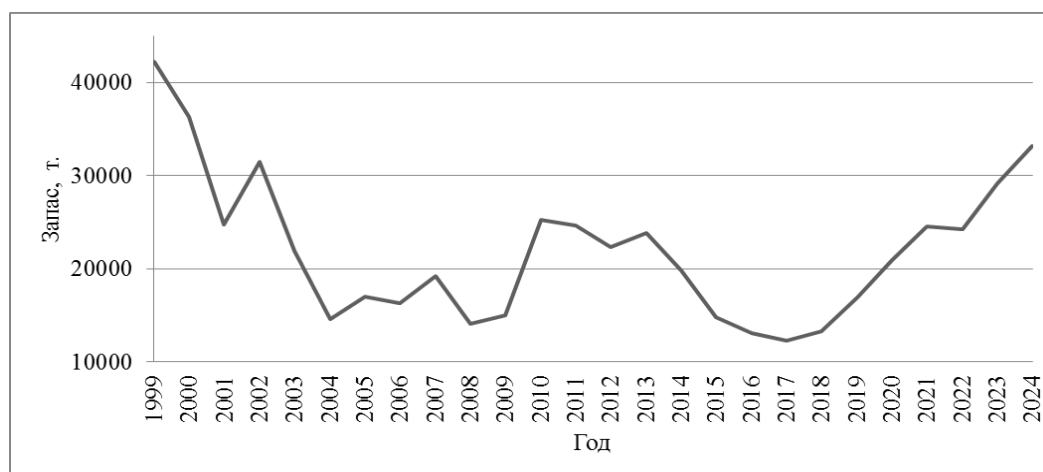


Рис. 56. Динамика величины промыслового запаса наваги зал. Терпения 1999–2024 гг. по данным ВПА

На низком уровне запас находился в 2004–2009 гг., после этого за два года запас наваги существенно увеличился, а в 2010 г. хоть и превысил среднемноголетнее значение за счет вступления в промысел урожайного поколения 2008 г. рождения, уже к 2016 г. опять уменьшился. В последние годы наблюдается рост промыслового запаса, обусловленный вступлением в промысел урожайных поколений. Это подтверждается данными научной

траловой съемки, проведенной на НИС «Владимир Сафонов» в зал. Терпения в октябре-ноябре 2024 г.

Определение биологических ориентиров

Эмпирическая оценка биологических ориентиров заключается в учете вариации величины регулируемого запаса. В качестве граничного ориентира принимается минимальная наблюдаемая биомасса. Целевые ориентиры оцениваются относительно средней многолетней биомассы \bar{B} :

$$B_{tr_1} = \bar{B}(1 - h)$$

$$B_{tr_2} = \bar{B}(1 + h),$$

где h – безразмерный коэффициент. В работе В.К. Бабаяна [2000] не дается конкретных рекомендаций по выбору этой величины, при этом предлагается учитывать вариабельность запаса. Полагаем, что наиболее разумным будет использовать 95% доверительный интервал для среднемноголетнего значения биомассы запаса, h при этом составил 0,133.

Исходя из вышесказанного, биологические ориентиры по биомассе были оценены следующими величинами: $B_{lim}=17,2$ тыс. т, $B_{tr_1}=23,2$ тыс. т, $B_{tr_2}=30,4$ тыс. т (рис. 57).

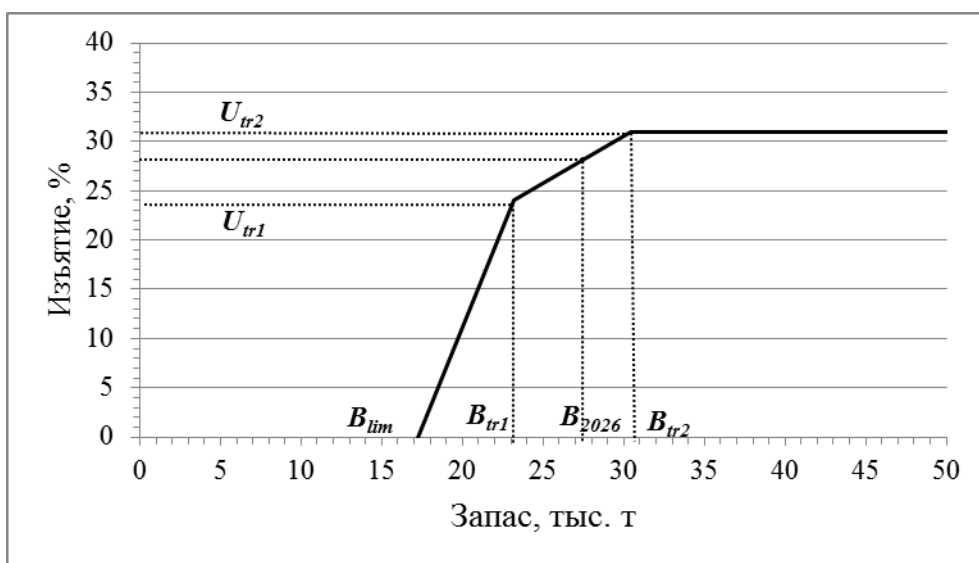


Рис. 57. Правило регулирования промысла наваги зал. Терпения

Целевые ориентиры по промысловой смертности определяли исходя из величины мгновенного коэффициента естественной смертности. Использовали среднее геометрическое значение для возрастных групп, представленных в запас, составившее 0,36.

Согласно [Бабаян, 2000] ориентиры по промысловой смертности определяются как:

$$F_{tr_1} = 0,3 \div 0,75 \times M$$

$$F_{tr_2} = 0,8 \div 1 \times M.$$

При этом выбор множителя перед коэффициентом естественной смертности также может осуществляться достаточно свободно. Поскольку

определение биологических характеристик и оценка запаса основаны на обширном и надежном материале, приняли решение использовать максимальные значения множителей. Соответствующие коэффициенты изъятия u вычисляли как $1 - \exp(-F)$. Уровень максимально допустимого изъятия для НИР и контрольного лова после объявления запрета на промысел определяли исходя из граничного ориентира по биомассе и потребностей НИР, принятых равными 1 т. Таким образом, получили следующие ориентиры по смертности: $F_0 = 0,00006$, $F_{tr1} = 0,27$, $F_{tr2} = 0,36$; соответствующие им коэффициенты изъятия: $u_0=0,00006$, $u_{tr1}=0,24$, $u_{tr2}=0,31$.

Обоснование правила регулирования промысла

Для регулирования промысла наваги залива Терпения целесообразно использовать модификацию предосторожного подхода для сильно флуктуирующих запасов рыб [Бабаян, 2000]. Как известно, мощность промысловой части популяции наваги в первую очередь определяется вступлением в промысел высокочисленных поколений наваги. Особенно важно это для запаса зал. Терпения ввиду его активной эксплуатации. Поэтому рациональное использование запаса наваги подразумевает сохранение воспроизводительной способности запаса, достаточной для того, чтобы не нарушать природную специфику динамики численности наваги зал. Терпения.

ПРП для запаса наваги зал. Терпения и юго-востока о-ва Сахалин в графической форме представлено на рисунке 57.

Прогнозирование состояния запаса

Расчет запаса выполнен при помощи программного обеспечения «ТАС». В основе расчетов запаса лежит уравнение улова Баранова [1918]:

$$C_{i,j} = \frac{F_{i,j}N_{i,j}}{F_{i,j}+M_j} [1 - \exp(-(F_{i,j}+M_j))],$$

где: i – год промысла, j – возраст особей, $C_{i,j}$ – улов особей, j -ой возрастной группы в j -ый год, $F_{i,j}$ – мгновенный коэффициент промысловой смертности особей j -ой возрастной группы в j -ый год, M_j – мгновенный коэффициент естественной смертности особей j -ой возрастной группы, $N_{i,j}$ – численность особей j -ой возрастной группы в j -ый год, подчиняющаяся уравнению

$$N_{i,j} = N_{i-1,j-1} \exp(-(F_{i,j}+M_j)).$$

Предполагается, что мгновенный коэффициент промысловой смертности $F_{i,j}$ особей j -ой возрастной группы в j -ый год промысла равен произведению зависящей от возраста селективности s_i ($0 < s_i \leq 1$) и зависящего от года промысла коэффициента промысловой смертности полностью изымаемой возрастной группы f_i , т. е. $F_{i,j} = s_i f_i$.

Численность пополнения оценивали в 230 млн экз. по данным траловой съемки 2024 г. на НИС «Владимир Сафонов».

Результаты расчетов общей численности и биомассы представлены в таблице 18. Из общего запаса в промысле участвуют порядка 94% особей, с учетом этого, промысловый запас на 2026 г. составит 27,3 тыс. т.

Таблица 18

Результаты расчета численности и общей биомассы запаса наваги в зал. Терпения в 2026 г.

Возраст	Численность, млн экз.	Биомасса, тыс. т.
2	60,84	7,4
3	121,85	14,5
4	27,28	4,7
5	7,00	1,7
6	1,99	0,6
7	0,39	0,1
Сумма	219,35	29,0

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

На 2026 г. прогнозируемая биомасса промыслового запаса наваги зал. Терпения оценивается величиной 27,3 тыс. т. Вероятнее всего, что основу уловов составят рыбы 2022–2023 гг. рождения.

Принимая во внимание текущее и прогнозируемое состояние запаса и предосторожный подход к регулированию промысла [Бабаян, 2000] на основе разработанных ПРП предлагается промысловое изъятие на уровне 27,9% (рис. 57). При величине эксплуатации 27,9% общий допустимый улов составит 7,6 тыс. т.

Так как навага является традиционным объектом зимней любительской рыбалки, и часть популяции непременно будет изъята во время подледного лова, считаем целесообразным в величину ОДУ заложить средний вылов наваги рыбаками-любителями. Таким образом, из величины ОДУ, полученной на основе ПРП, отнимаем средний вылов рыбаков-любителей, оцененный по результатам результативных наблюдений за последние несколько лет на уровне 0,3 тыс. т, то есть $ОДУ = 7,6 - 0,3 = 7,3$ тыс. т.

Анализ и диагностика полученных результатов

Для оценки вероятности наступления неблагоприятных последствий для запаса на прогнозный период, был проведен анализ рисков снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира и превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} [Бабаян, 2000].

Для решения этой задачи использовалось программное обеспечение «ТАС», разработанное в «КамчатНИРО», которое на основе расчетов когортными методами, при сепарабельном представлении промысловой смертности, позволяет получить оценки вероятности «выхода» параметров смертности и нерестовой биомассы за пределы граничных ориентиров управления промыслом. Для нахождения статистических характеристик оцениваемых параметров используется метод Монте-Карло.

Согласно полученным результатам (рис. 58), вероятность превышения параметром F граничного ориентира F_{lim} и снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира SSB_{lim} на прогнозный 2026 г., при определении общего вылова наваги на уровне 7,3 тыс. т не превышает уровень приемлемого риска в 30% [Бабаян, 2000].

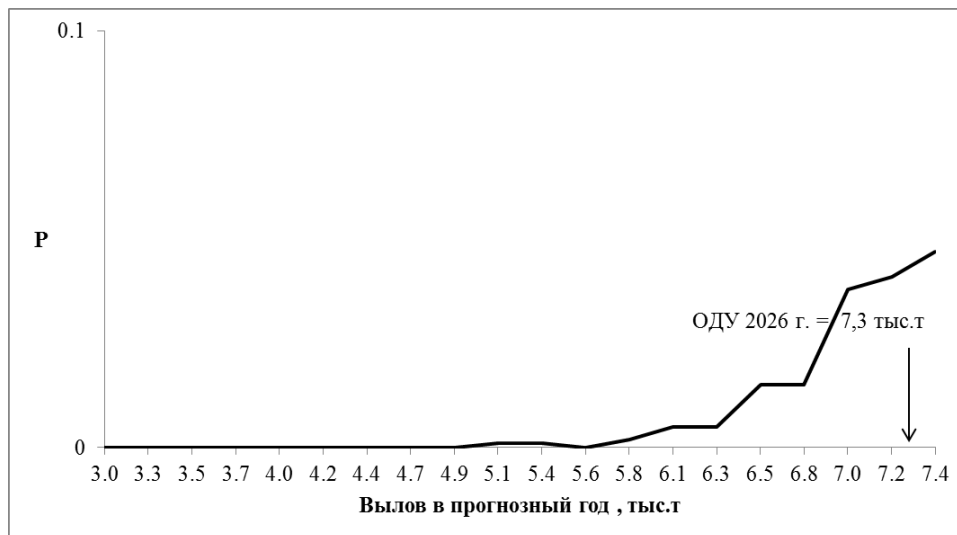


Рис. 58. Вероятность (P) превышения граничного ориентира (прерывистая линия) наваги зал. Терпения в 2026 г.

Также оценены риски снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира при различных уровнях годовой промысловой смертности (рис. 59). В среднесрочной перспективе риск снижения нерестовой биомассы ниже граничного ориентира при изъятии на рекомендованном уровне отсутствует.

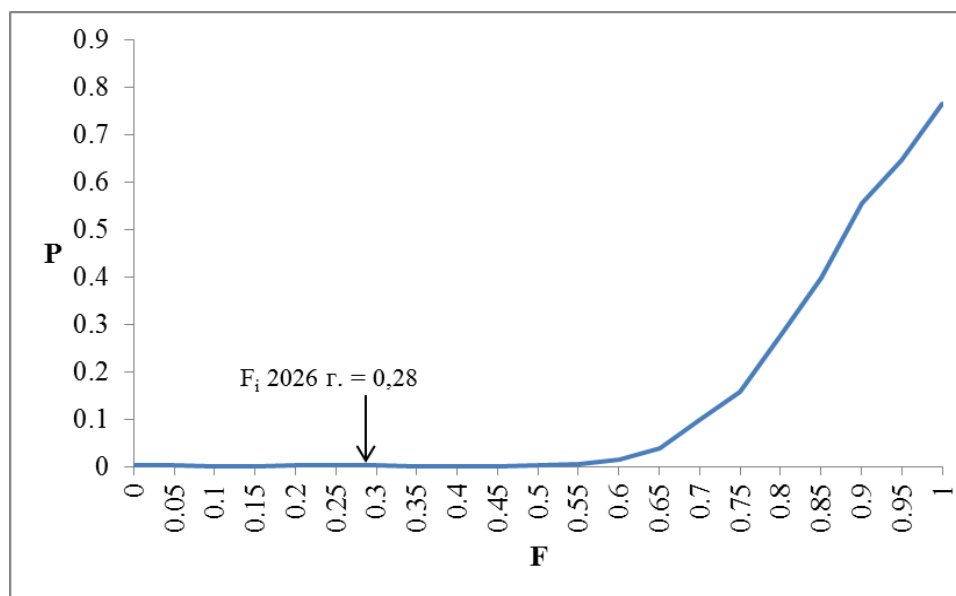


Рис. 59. Вероятность снижения нерестовой биомассы наваги зал. Терпения ниже граничного ориентира при различных уровнях годовой промысловой смертности F

Северо-восточный Сахалин

Анализ доступного информационного обеспечения

Основой оценки запаса и прогнозирования вылова наваги на 2026 г. послужили материалы, собранные из промысловых уловов вентерями в 2003–2010 гг. Промысловая статистика за эти годы предоставлена СКТУ ФАР. Кроме того, использованы материалы донных траловых съемок, выполненных у северо-восточного побережья о-ва Сахалин на НИС «Профессор Пробатов» и «Дмитрий Песков» в летний период 2005–2012 гг., а также съемки НИС «Дмитрий Песков» в октябре-ноябре 2021 г.

В 2024 г. специализированных исследований, направленных на изучение биологического состояния наваги северо-восточного Сахалина, не проводилось. В целом, информационную обеспеченность данной единицы запаса следует признать неудовлетворительной соответствующему III уровню (приказ Росрыболовства от 06.02.2015 г. № 104).

Несмотря на отсутствие исследований в последние годы, считаем возможным, использовать имеющиеся данные для инерционного прогнозирования.

Обоснование выбора методов оценки запаса

Расчет запасов наваги северо-восточного побережья до 2009 г. выполнялся с применением метода виртуально-популяционного анализа. Применение этого метода имеет ряд ограничений, в частности, отсутствие достоверных промысловых данных в течение ряда лет не позволяет удовлетворительно выполнить процедуру настройки, с достаточной степенью надежности рассчитать коэффициенты промысловой смертности и запас наваги заливов северо-восточного Сахалина. Тем не менее, имеющиеся данные о динамике численности и биомассы нерестовой части популяции наваги, биологических показателей и вылова за предыдущие годы позволяют считать, что ее запасы в последние годы находятся в стабильном состоянии, а биомасса нерестового запаса держится на среднемноголетнем уровне.

Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла

Дальневосточная навага у северо-восточного Сахалина образует нерестовые скопления в приустьевых участках проливов, соединяющих заливы Пильтун, Чайво, Ныйский, Набильский, Луньский с Охотским морем. Нерестилища расположены на глубине 2–8 м. Наибольшие скопления формируются в зал. Пильтун, на долю которого приходится около 70% вылова всей наваги, добываемой в этом районе. В район нереста навага подходит после установления отрицательной температуры воды, что обычно совпадает с образованием ледового припая в конце ноября – декабре. Промысел начинается в это же время и заканчивается к концу марта. Обычно средняя продолжительность промысла вентерями составляет 85–110 дней.

Основной причиной низкого освоения наваги (табл. 19) в заливах северо-восточного Сахалина в последнее десятилетие является слабо

развитый прибрежный промысел, низкая интенсивность лова наваги, что определяется рядом причин экономического и организационного характера.

Таблица 19

Освоение ОДУ/РВ наваги в заливах Северо-Восточного Сахалина в 2015–2024 гг.

Год	ОДУ/ВВ, т	Вылов, т	Освоение, %
2015	175	87,50	50,0
2016	175	29,00	16,6
2017	175	41,20	23,5
2018	175	12,80	7,3
2019	175	1,53	0,9
2020	175	1,04	0,6
2021	175	100,00	57,1
2022	175	60,00	34,3
2023	525	20,00	3,8
2024	525	53,40	10,2
Среднее	245	40,65	16,6

В промысловых уловах 2003–2010 гг. средние значения длины рыб в уловах изменялись от 23,2 (2010 г.) до 32,0 (2005 г.) см. В зависимости от численности поколений преобладали либо рыбы длиной 26–33 см (67,5% в 2003 г. и 43,5% в 2006 г.), либо рыбы длиной до 25 см в 2007 г. (по 56,1%) (рис. 60).

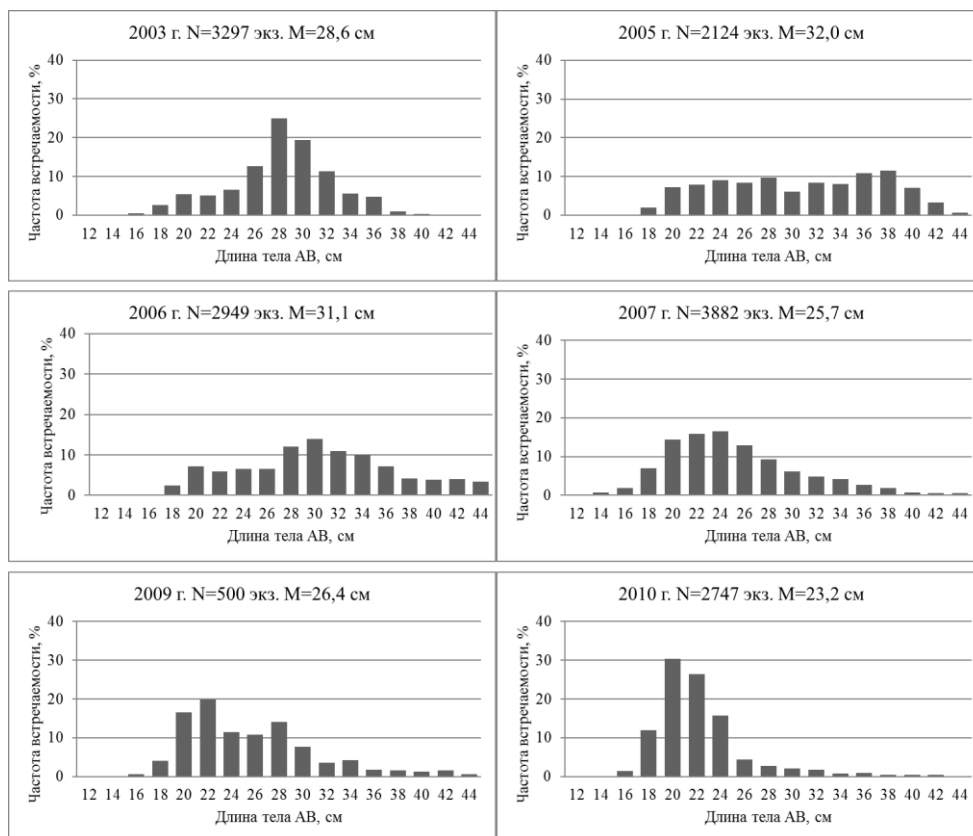


Рис. 60. Размерный состав наваги из промысловых уловов в заливах Северо-Восточного Сахалина в 2003–2010 гг.

В нерестовый период в промысловых уловах вентерей отмечены особи 2–8 лет, 65–85% приходилось на рыб в возрасте 2–4 года (рис. 61). Современных данных по размерно-возрастному составу рыб нет. Предполагаем, что при слаборазвитом рыболовстве влияния промысла на размерный состав рыб не происходит, соотношение размерно-возрастных групп определяется численностью поколений.

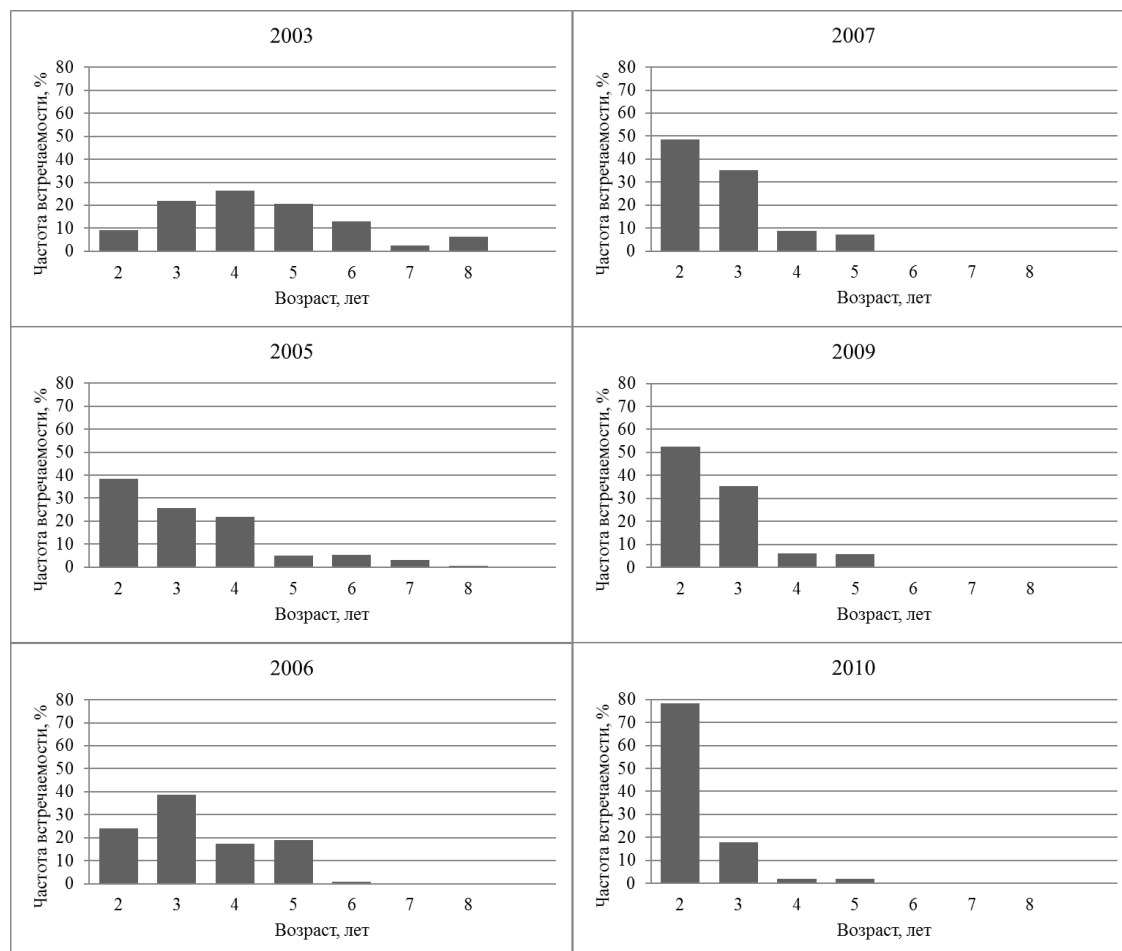


Рис. 61. Возрастной состав наваги из промысловых уловов в заливах северо-восточного Сахалина в 2003–2010 гг., %

По данным траловых учетных съемок, учтенная биомасса половозрелой наваги в нагульный период на северо-восточном шельфе составляла 0,5 тыс. т в 2005 г., 1,24 тыс. т в 2006 г. и 1,026 тыс. т в 2007 г., при среднем значении 0,92 тыс. т ($KY=1$).

В августе 2010 г., по данным донной траловой съемки НИС «Профессор Пробатов» (100 станций), на шельфе северо-восточного Сахалина навага встречалась единично, уловы в среднем составляли 0,001 кг/30 мин. траления.

В августе 2012 г. (НИС «Профессор Пробатов», 73 станции) данный вид присутствовал в уловах также в очень незначительных количествах, средние уловы не превышали 0,1 кг/30 мин. траления, а биомасса 0,2 тыс. т.

В октябре-ноябре 2021 г. по данным донной траловой съемки у северо-восточного Сахалина (50 станций) оцененная биомасса составила при КУ =1 6,7 тыс. т. В основном, была отмечена на глубинах менее 60 м, при биомассе 0,01-27,9 т/км². Средняя удельная биомасса по всему району работ составила 1,21 т/км². Наиболее плотные скопления наваги были зафиксированы южнее зал. Луньский на глубине 37 м (рис. 62).

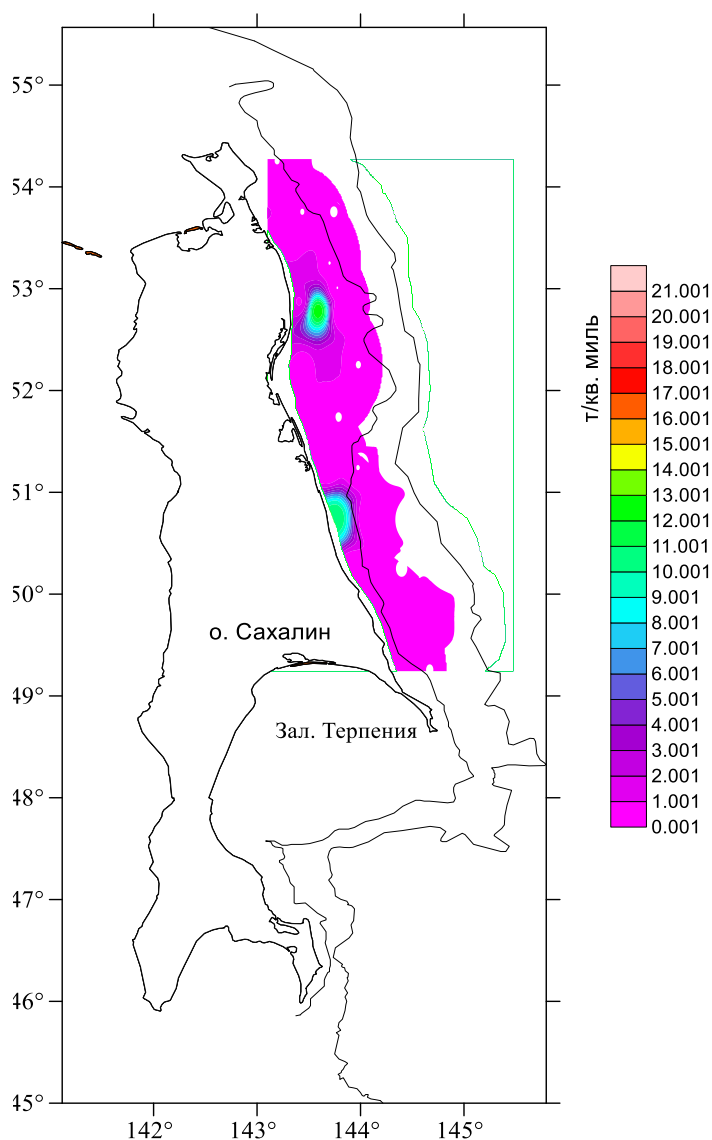


Рис. 62. Пространственное распределение биомассы наваги у северо-восточного Сахалина в октябре-ноябре 2021 г.

Длина наваги варьировала в интервале 9-25 см и, в среднем, составила 16,3 см (рис. 63).

Учет наваги в 2021 г. показал увеличение ее биомассы по сравнению с данными прошлых съемок. Однако говорить о резком увеличении численности наваги по данным одной съемки преждевременно.

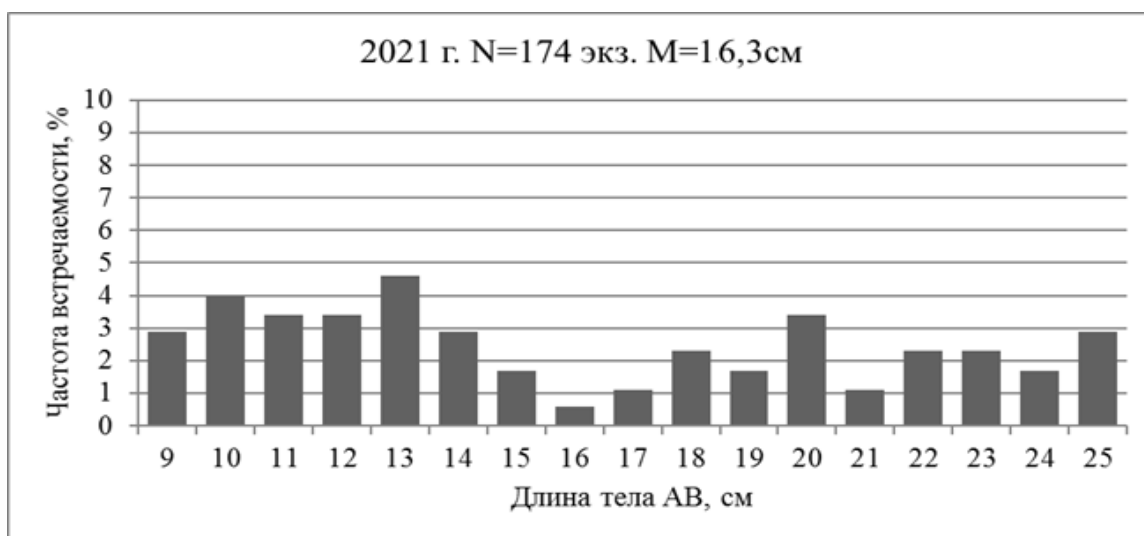


Рис. 63. Размерный состав наваги из уловов учетной траловой съемки у северо-восточного Сахалина в октябре-ноябре 2021 г. (данные массовых промеров)

Прогнозирование состояния запаса

Периодические изменения численности и биомассы наваги популяции северо-восточного Сахалина вызваны, прежде всего, внутривидовыми (внутрипопуляционными) причинами и в гораздо меньшей степени зависят от промысловых факторов.

Минимальная наблюдаемая биомасса была в 2010 г. – 0,001 тыс. т, максимальная в 2021 г. – 6,7 тыс. т, средний показатель – 1,5 тыс. т.

На основании имеющихся данных, материалов донных траловых съемок, с учетом слабо развитого промысла в последнее пятилетие принято допущение, что биомасса промыслового (нерестового) запаса в 2026 г. будет не ниже среднемноголетнего уровня и составит порядка 1,5 тыс. т.

Определение биологических ориентиров

В настоящее время биологической и промысловой информации недостаточно для определения ориентиров управления промыслом. Оценка допустимого уровня изъятия определена на уровне минимальной естественной смертности и составляет 35% [Сафронов, 1986].

Обоснование правила регулирования промысла

В настоящее время биологической и промысловой информации недостаточно для формирования ПРП.

Обоснование рекомендованного объема ОДУ

Исходя из расчетных показателей мгновенной естественной смертности (табл. 20), промысловое изъятие при текущем удовлетворительном состоянии запасов предлагается 35% и соответствует минимальной естественной смертности. Расчет произведен по 2010 г., как году с наиболее репрезентативными данными. В таком случае ОДУ наваги северо-восточного Сахалина в 2026 г. может составить $0,525 \approx 0,500$ тыс. т.

**Мгновенная естественная смертность наваги северо-восточного Сахалина по
данным 2010 г.**

Показатель	Возрастная группа						
	2	3	4	5	6	7	8
Mt	0,50	0,43	0,35	0,37	0,46	0,63	0,92

Анализ и диагностика полученных результатов

В связи с тем, что математические модели динамики численности не использовались из-за недостаточной полноты доступной информации, что соответствует III уровню информационного обеспечения расчетов, анализ и диагностика полученных результатов не проводились.

Таким образом, **ОДУ наваги в Восточно-Сахалинской подзоне в 2026 г.** рекомендуется в объёме **7,800 тыс. т.**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е. 2001. Распределение поколений минтая на первых годах жизни в восточной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. Т. 128. Ч. 1. С. 250–258.
- Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е. 2006. Результаты оценки запаса североохотоморского минтая по ихтиопланктонной съемке в 2005 г. // Изв. ТИНРО. Т. 145. С. 120–145.
- Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Жигалов И.А. 2008. Некоторые особенности нереста североохотоморского минтая в 2004–2006 гг. // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 80–92.
- Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2005. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке 2004 г. // Вопросы рыболовства. Т. 6. № 22. С. 298–325.
- Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-ть. 288 с.
- Андрияшев А.П., 1939. Очерк зоогеографии о происхождении фауны рыб Берингова моря и сопредельных вод. - Л.: изд. ЛГУ, 187 с.
- Антонов Н.П. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая: Дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 1991. 152 с.
- Бабаян В.К. 2000 Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации к применению. М.: Изд-во ВНИРО. 192 с.
- Балыкин П.А. 1981. Распределение, западноберинговоморского минтая в период нагула и зимовки // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 57-62.
- Балыкин П.А. 2006. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря // Москва. 215 с.
- Балыкин П.А., Варкентин А.И. 2006. Интерпретация данных ихтиопланктонных съемок для оценки нерестового запаса минтая // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО. Т. 146. М.: ВНИРО. С. 159–165.
- Балыкин П.А., Сергеева Н.П., Балыкина Н.В. 2002. Зимне-весенний ихтиопланктон восточной части Охотского моря // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Вып. 6. С. 27–32.
- Баранов Ф.И. 1918. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства // Изв. отдела рыбоводства и науч.-промысл. исслед. Т. I. Вып. 2. С. 84-128.
- Басюк Е.О. Крабы–2024. Прогноз промысловой обстановки и возможного изъятия крабов и крабоидов (крабы-стригуны, камчатский и синий крабы) на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (путинный

прогноз). Владивосток: Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), 2024.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КартМастер» для обработки данных биоресурсных съемок // 7-я Всероссийская конференция по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова): тез. докл. ВНИРО. С. 18–24.

Бизиков, В.А. 2007. Географическая информационная система «КартМастер» / В.А. Бизиков, С.М. Гончаров, А. В. Поляков // Рыбное хозяйство. № 1. С. 96–99.

Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Тихоокеан. Науч.-исслед. Рыбохоз. Центр. Владивосток: ТИНРО-центр. 216 с.

Борисовец Е.Э., Надточий В.А. 2003. Диаграммы Вороного - как один из методов оценки состояния ресурсов // Тез. докл. междунар. семинара, 19-21 марта 2003 г., г. Мурманск // Роль климата и промысла в изменении структуры зообентоса шельфа (камчатский краб, исландский гребешок, северная креветка и др.) — С.17-18.

Булатов О.А., Васильев Д.А. 2022. Размножение, запасы и промысел минтая в Наваринском районе Берингова моря // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 95-104.

Булатов О.А., Васильев Д.А. 2023. Регулирование промысла минтая. «Предосторожный подход» или максимальный устойчивый улов? // Вопросы рыболовства. Т. 24. № 3. С. 5-18.

Буслов А.В. 2009. О нересте минтая (*Theragra chalcogramma*) у юго-западного побережья Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 158. С. 128–141.

Буслов А.В., Варкентин А.И. 2000. Как усовершенствовать учет вылова минтая // Рыб. хоз-во. С. 33–34.

Буслов А.В., Овсянников Е.Е. 2022. Некоторые аспекты биологии и промысла минтая *Theragra chalcogramma* юго-западной части Чукотского моря в связи с его размерно-возрастной структурой // Известия ТИНРО. Т. 202, вып. 2. С. 316-328.

Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2009. Некоторые результаты эксперимента по инкубированию икры восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 156. С. 82-94.

Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (GADIDAE) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки / Вопр. ихтиол. Т. 42, № 5. С. 617-625.

Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Изв. ТИНРО. Т. 138. С. 282-298.

Буяновский А.И. 2013. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. – М.: Изд. ФГУП «ВНИРО». – 222 с.

Варкентин А.И. 2004. К вопросу о качестве промысловых данных, используемых для расчета запаса минтая в северной части Охотского моря методами математического моделирования // Тезисы докладов IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 154–156.

Варкентин А.И., Золотов А.О., Буслов А.В. 2000. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки. Докл. Второй Камчаткой обл. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский. С. 13–16.

Варкентин А.И., Малых К.М., Ильин О.И. 2021. Некоторые данные о селективности промысла минтая разноглубинными тралами в северо-восточной части Охотского моря, в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам // Вопросы рыболовства. Т. 22. № 2. С. 93–109.

Варкентин А.И., Овчеренко Р.Т., Калугин А.А. 2019. О некоторых результатах донных траловых съемок в тихоокеанских водах Камчатки в 1999, 2002, 2016–2018 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 55. С. 5–43.

Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003-2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Вып. 47. Петропавловск-Камчатский. КамчатНИРО. С. 5–45.

Васильев Д.А. 2001. Когортные модели и анализ промысловых биоресурсов при дефиците информационного обеспечения: монография. М.: Изд-во ВНИРО. 111 с.

Вдовин А.Н. 2019. Половое созревание и соотношение полов у тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиологии. Т.59. №3. С.737-740.

Гулин В.В., Руденко Г.П. 1973. К методике определения продукции популяций рыб в озёрах // Вопросы ихтиологии. Т. 13, вып. 6(83). С. 977–989.

Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука. 423 с.

Зверькова Л.М. 2003. Минтай. Биология, состояние запасов // Владивосток: ТИНРО. 248 с.

Золотов А.О. 2010. Оценка запасов тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Tilesius, 1810) восточного побережья Камчатки // Вопросы рыболовства. – Т.10. – №1(41). –С.112-124.

Золотов А.О. 2024а. Распределение тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) и функциональная структура ее ареала в северной части Японского моря и некоторые вопросы регулирования ее промысла // Изв. ТИНРО. – 2024. – Т.204. – Вып.1. – С.86-111.

Золотов А.О. 2024б. Использование метода обратных расчислений роста для определения возрастного состава уловов некоторых видов морских промысловых рыб // Изв. ТИНРО. – 2024. – Т. 204, вып. 4 (в печати).

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. 2013. Современное состояние запасов камбал тихоокеанского шельфа Камчатки и Северных Курил и проблемы регулирования их промысла // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды СахНИРО. Южно-Сахалинск: СахНИРО, Т. 14. С. 17–35.

Золотов А.О., Н.П. Антонов Н.П., Мазникова О.А. 2020. Ресурсы трески Курильских островов: запасы и современный промысел // Рыб. хоз-во. №4. С. 60-67.

Золотов О.Г., Антонов Н.П. 1986. О популяционной структуре восточнокамчатского минтая // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 43-50.

Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1987. Оценка запасов восточноооотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Сборник научных трудов, Владивосток, ТИНРО. С. 65–73.

Ильин О.И. 2022. О применении фильтров Калмана в когортных моделях // Известия ТИНРО. Т. 202, № 3. С. 601–622.

Ильин О.И. 2018. I.2. Программный комплекс «Синтез» (ФГБНУ «КамчатНИРО») // Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов. – М.: ВНИРО. С. 59–88.

Ильин О.И., Саушкина Д.Я. 2022. К оценке продукции икры минтая в каньонах Авачинского залива // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: КамчатНИРО. В печати.

Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Сборник научных трудов ВНИРО. Т. 151.

Калчугин П.В., Соломатов С.Ф., Кобликов В.Н. 2015. Современное состояние рыболовства в подзоне Приморье и его перспективы // Рыбное хозяйство, №2. – С. 49-54.

Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1978. Методика расчета нерестового запаса восточнооохотского минтая // Рыбн. хоз-во. № 12. С. 13-14.

Ким Л.Н. 2010. Современное состояние промысла рыб в Уссурийском заливе (Японское море) // Известия ТИНРО. Т. 163.– С. 106-130.

Ким Сен Ток, А.М. Орлов, С. Н. Тарасюк. 2010. Оценка современного состояния запасов трески в районе южных Курильских островов и острова Хоккайдо для формирования научно-обоснованной позиции российской стороны по вопросам ее исследований и добычи // Международная рыбохоз. деятельность РФ на современном этапе: Труды ВНИРО. – Т. 149. – С. 391–407.

Ким Сен Ток. Динамика запасов западно-сахалинских стад трески *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810 и минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 (Gadiformes, Gadidae) в период 1980-2010-х гг. Тр. СахНИРО. 2019. С. 21-37.

Кровнин А.С., Зуенко Ю.И., Фигуркин А.Л., Хен Г.В., Кивва К.К., Новиков Ю.В., Тепнин О.Б. 2022. Океанологические условия в пределах ареала минтая. // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 16-44.

Кулик В.В., Варкентин А.И., Ильин О.И. 2020. Стандартизация уловов на усилие минтая в северной части Охотского моря с учетом некоторых факторов среды // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). Т. 200. № 4. С. 819–836.

Лисовенко Л.А. 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки. М.: ВНИРО, 111 с.

Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов / В.К. Бабаян [и др.]. М.: Изд-во ВНИРО, 2018. 312 с.

Михеев А.А. 2003. Стохастическая когортная модель для беспозвоночных с прерывистым ростом // Тр. СахНИРО. Т. 5. С. 216-242.

Михеев А.А. 2016. Применение фильтра Калмана в когортной модели для корректировки оценок запаса при наличии неучтенного вылова // Вопр. Рыболовства. Т. 17. № 1. С. 568–589.

Новикова О.В. 2007. Дальневосточная навага (*Eleginus gracilis* (Til.)) прикамчатских вод. // Автореф. Дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск–Камчатский. 24 с.

Новикова О.В. 2010. Условия формирования промысловых скоплений наваги *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) у Западной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Вып. 18. Изд-во КамчатНИРО. Петропавловск-Камчатский. С. 71–81.

О результатах донной траловой съемки в северной части Японского моря на НИС «Владимир Сафонов» с 26 апреля по 3 июня 2022 года. Рейсовый отчет. Владивосток: ТИНРО. 2022 г. 135 с.

Овсянников Е.Е. 2011. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 20 с.

Овсянникова С.Л. 2012. Оценка и прогнозирование запасов минтая южно-курильского района // Известия ТИНРО. Т. 170. С. 45-59.

Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2022. Современное состояние, особенности формирования и эксплуатации запасов минтая у южных Курильских островов // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 134-144.

Орлова С.Ю., Смирнова М.А., Строганов А.Н., Мухаметов И.Н., Смирнов А.А., Ток К.С., Park J.H., Орлов А.М. 2019. Филогеография тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* на основе анализа полиморфизма контрольного региона мтДНК // Генетика. Т. 55. №5. С. 531–543.

Препарата Ф., Шеймос М. 1989. Вычислительная геометрия. — М.: Мир — 478 с.

Расс Т.С. 1933. Инструкция по сбору и технике количественной обработки икры и мальков морских рыб. М.: ГОИН. 24 с.

Рикер У.Е. 1979. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб. - (Перевод с английского). М.: Пищевая промышленность. 408 с.

Савенков В.В., Шпигальская Н.Ю., Варкентин А.И., Пильганчук О.А., Кустова А.С., Сараванский О.Н. 2012. Полиморфизм популяционно-генетических маркеров минтая северной части Охотского моря // Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО», «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление» (Петропавловск-Камчатский, 26–27 сентября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 439–447.

Савенков В.В., Шпигальская Н.Ю., Варкентин А.И., Пильганчук О.А., Муравская У.О., Денисенко А.Д., Сараванский О.Н. 2018. Дифференциация минтая Охотского моря по микросателлитным локусам // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 48. С. 5–18.

Савин А.Б. 2014. Сезонная изменчивость распределения тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus*, *Gadidae* на западнокамчатском шельфе в связи с её миграциями в Охотском море и за его пределы. – Изв. ТИНРО. – Т. 138. – С. 154-167.

Савин А.Б. 2021. Пространственное распределение, нагульные миграции и динамика запасов трески в Беринговом море (годовой отчет о научно-исследовательской работе). – Владивосток: Архив ТИНРО № 28816, 46 с.

Савин А.Б. 2023. Запасы и промысел трески (*Gadus macrocephalus*, *Gadidae*) северо-западной части Берингова моря в 1965-2022 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 203, вып. 3. С. 465-489.

Савин А.Б., Калчугин П.В. 2011. Сезонное распределение и миграции тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (*Gadidae*) в северо-западной части Японского моря и прилегающих акваториях // Вопр. ихтиологии. Т.51. №3. С. 326-340.

Сафронов С.Н. 1986. Методы оценки запаса и прогнозирование улова дальневосточной наваги в водах Сахалина и Южных Курил / С. Н. Сафронов // Тезисы III Всесоюз. науч. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. Мурманск. – Мурманск, С. 51–53.

Смирнова М. А., Орлова С. Ю., Калчугин П. В., Бойко М. И., Park J.H., Орлов А. М. 2018. Особенности популяционной структуры тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* южной части ареала на основе микросателлитного анализа // Генетика. Т.54. №6. С.661-670.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. 1988. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съемок на

примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. – М.: ВНИРО – С. 45-70.

Тарасюк С.Н., Бирюков, И.А., Пузанков К.Л. 2000. Методические аспекты оценки сырьевых ресурсов донных рыб шельфа и свала Северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. М.: ВНИРО. С. 46–54.

Темных О.С. 1989. Функциональная структура ареала минтая в Охотском море // Биол. моря. № 6. С. 22–30.

Тюрин П.В. Нормальные кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. Гос. НИИ озern. и речн. рыбн. хоз-ва. – 1972. – Т.71. С.403-427.

Фадеев Н.С. 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 3–18.

Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Сборник научных трудов. Владивосток: ТИНРО. С. 5–22.

Фадеев Н.С. 1988. Регулирование промысла минтая на севере Охотского моря. // Рыбное хозяйство. № 11. С. 33–36.

Фадеев Н.С. 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биол. моря. 1999. Т. 25. Вып. 3. С. 246-249.

Фадеев Н.С. 2001. Урожайность поколений североохоотоморского минтая // Вопр. рыб-ва. Т. 2. № 2 (6). С. 299–318.

Фадеев Н.С., Веспестад В.Дж. 2001. Обзор промысла минтая // Изв. ТИНРО. Т. 128. С. 75–91.

Фадеев Н.С., Смирнов А.В. 1994. Распределение, миграция и запасы минтая // Рыбн. хоз-во. № 3. С. 33–37.

Хилборн Р., Уолтерс К. 2001. Количественные методы оценки рыбных запасов. Выбор, динамика и неопределенность // Пер. с англ. В.П. Максименко; под ред. В.С. Левина. - Санкт-Петербург: Изд-во «Политехника», 228 с.

Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря // М.: Агропромиздат. С. 126–127.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Дулепова В.П., Темных О.С. 1997. Биологические ресурсы дальневосточной российской экономической зоны: Структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики. Изв. ТИНРО. Т. 122. С. 3-15.

Ashton W.D. 1972. The logit transformation with special reference to its used in bioassay // Hafner Publishing Company, Inc., New York. 88 p.

Barbeaux S, J., Barnet L., Hulson P., Nielsen J., Shotwell S. K., Siddon E., Spies I. 2024. Assessment of the Pacific cod stock in the Eastern Bering Sea // Plan Team for the Groundfish Fisheries of the Bering Sea/Aleutian Islands (compiler),

Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Bering Sea/Aleutian Islands regions. Anchorage, North Pacific Fishery Management Council. P. 1-150.

Bentley N., Kendrick T.H., Starr P.J., Breen P.A. 2011. Influence plots and metrics: tools for better understanding fisheries catch-per-unit-effort standardizations // *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 69, №1. Pp. 84–88.

Berg C.W., Nielsen A. 2016. Accounting for correlated observations in an age-based state-space stock assessment model // *ICES Journal of Marine Science*, Vol. 73, Iss. 7. P. 1788–1797, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw046>

Bertalanffy, L. von. 1938. A Quantitative Theory Of Organic Growth // *Human Biology*. V. 10. № 1. P. 181–213.

Burnham K. P., Anderson D. R. 2004. Multimodel Inference // *Sociological Methods & Research*. Vol. 33. P. 261–304.

Caddy J.F. 1998. A short review of precautionary reference points and some proposals for their use in data-poor situations. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Fisheries Technical. 379 p.

Chen, S. and S. Watanabe. 1989. Age dependence of natural mortality coefficient in fish population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi* v.55, p.205-208.

Chilton D.E., Bemish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.

Darby C.D., Flatman S. 1994. Virtual Population Analysis: Version 3.1 (Windows/DOS) User Guide, Information Technology Series, No. 1, Lowestoft MAFF, Directorate of Fisheries Research. 85 p.

DeFilippo L.B., Thorson J. T., O'Leary C. A., Kotwicki S., Hoff J., Ianelli J. N., Kulik V. V., Punt A.E. 2023. Characterizing dominant patterns of spatiotemporal variation for a transboundary groundfish assemblage // *Fisheries Oceanography*, 2023, 32. P. 541–558. <https://doi.org/10.1111/fog.12651>

Deriso R.B., P.R.Neal, and T.J. Quinn II. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 815 – 824.

Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O., Britt L.L., Duffy-Anderson J.T., Kotwicki S., Ladd C., Cheng W. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // *Deep-Sea Research Part II*. Vol. 181-182. 104881. P. 1-19.

Fadeev N.S. 1989. Methods for calculating Pollock Size and Sex Structure Using Egg Survey Data // *Proc. Int. Symp. Biol. Mngmt. of Walleye Pollock*. P. 509–514.

Francis R.I.C.C. 1991. Risk analysis in fishery management // *Northwest Atl. Fish. Organ. Sci. Coun. Stud.* V.16. – P.143-148.

Gavaris S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size// *Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. (CAFSAC)*. Res. Doc. 88/29, 12 p.

<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>

Hurtado-Ferro, F., Szuwalski, C. S., Valero, J. L., Anderson, S. C., Cunningham, C. J., Johnson, K. F., Licandeo, R., McGilliard, C. R., Monnahan, C.

C., Muradian, M. L., Ono, K., Vert-Pre, K. A., Whitten, A. R., and Punt, A. E. 2015. Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. – ICES Journal of Marine Science, 72: 99–110.

Kalman R.E. 1960. A new approach to linear filtering and prediction problems // J. Basic Eng. V. 82, P. 34–45.

Kearney K. 2022. Cold Pool // Ecosystem Status Report 2022: Eastern Bering Sea. – Anchorage: North Pacific Fishery Management Council, P. 60-63.

Kotwicki S., Lauth R.R. 2013. Detecting temporal trends and environmentally-driven changes in the spatial distribution of bottom fishes and crabs on the eastern Bering Sea shelf // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 94. P. 231–243. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.03.017>

Markowitz, E. H., Dawson, E. J., Anderson, C. B., Rohan, S. K., Charriere, N. E. 2023. Results of the 2022 eastern and northern Bering Sea continental shelf bottom trawl survey of groundfish and invertebrate fauna/ Alaska Fisheries Science Center (U.S.).

Methot R.D. 1989. Synthesis estimates of historical abundance and mortality on northern anchovy // Mathematical analysis of fish stock dynamics: reviews, evaluations, and current applications. Am. Fish. Soc. Symp. V. 6. P. 66–82.

Metropolis N., Ulam S. 1949. The Monte-Carlo method // J. Amer. Stat. Assoc. 44. № 247.

Mohn R. 1999. The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data // ICES Journal of Marine Science. V. 56. Pp. 473–488.

Patterson K.R. 1994. Technical reference for the Integrated Catch-at-Age Programmes, Version 1.2 // SOAFD Marine Laboratory. Aberdeen. 13 p.

Pope, J. G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Research Bulletin ISNAF, 9: 65–74.

Quinn T.J., Deriso R.B. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. New York. 542 pp.

R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URI: <https://www.R-project.org/> (04.02.2024).

R Core Team. 2025. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URI: <https://www.R-project.org/> (21.01.2025).

Rohan S. Cold Pool Extent - AFSC Bottom Trawl Survey // Ecosystem Status Report 2024 Eastern Bering Sea. Anchorage, Alaska, USA, 2024. P. 75–77.

Schnute J.T. 1994. A general framework for developing sequential fisheries models // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 51. P. 1676–1688.

Sissenwine M.P., Shepherd J.G. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — V. 44. P. 913–918.

Sullivan J. Y., Monnahan C., Hulson P., Ianelli J., Thorson J., Havron A. 2022. REMA: a consensus version of the random effects model for ABC apportionment and Tier 4/5 assessments. // Plan Team Report, Joint Groundfish Plan Teams, North Pacific Fishery Management Council. 605 W 4th Ave, Suite 306 Anchorage, AK 99501.

Sullivan J., Balstad L. 2022. rema: A generalized framework to fit the random effects (RE) model, a state-space random walk model developed at the Alaska Fisheries Science Center (AFSC) for apportionment and biomass estimation of groundfish and crab stocks. // R package version 1.2.0, commit 14cf71d9ff83902d1e83f1d017f8f9e9584f2dc5, <https://github.com/afsc-assessments/rema>

Vasilets P.M. 2015. FMS analyst - computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

Vasilyev D.A. 2005. Key aspects of robust fish stock assessment. M: VNIRO Publishing, 105 p.

Vasilyev D.A. 2006. Change in catchability caused by year class peculiarities: how stock assessment based on separable cohort models is able to take it into account? (Some illustrations for triple-separable case of the ISVPA model – TISVPA). ICES CM /O:18. 2006. 35 p.

Volotira R.J.Jr., Sample T.M., Morin M.Jr. 1977. Demersal fish and shelf fish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the Baseline year 1976 // N-west and Alaska Fish. Center. Proc. Rep. - Seattle, Washington. - 292 p.